

# PCT

## REQUEST

The undersigned requests that the present international application be processed according to the Patent Cooperation Treaty.

For receiving Office use only

International Application No.

International Filing Date

Name of receiving Office and "PCT International Application"

Applicant's or agent's file reference  
(if desired) (12 characters maximum) FP00-0086-00

### Box No. I TITLE OF INVENTION

METHOD OF MANUFACTURING SILICA GLASS MEMBER AND SILICA GLASS MEMBER OBTAINED BY THE METHOD

### Box No. II APPLICANT

Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (that is, country) of residence if no State of residence is indicated below.)

NIKON CORPORATION  
2-3, Marunouchi 3-chome, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8331 Japan

☐ This person is also inventor.

Telephone No.  
03-324-5311

Facsimile No.

Teleprinter No.

State (that is, country) of nationality:

JAPAN

State (that is, country) of residence:

JAPAN

This person is applicant for the purposes of:

☐

all designated States

☒

all designated States except the United States of America

☐

the United States of America only

☐

the States indicated in the Supplemental Box

### Box No. III FURTHER APPLICANT(S) AND/OR (FURTHER) INVENTOR(S)

Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (that is, country) of residence if no State of residence is indicated below.)

NAKAGAWA Kazuhiro  
c/o NIKON CORPORATION  
2-3, Marunouchi 3-chome, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8331 Japan

This person is:

☐ applicant only

☒ applicant and inventor

☐ inventor only (If this check-box is marked, do not fill in below.)

State (that is, country) of nationality:

JAPAN

State (that is, country) of residence:

JAPAN

This person is applicant for the purposes of:

☐

all designated States

☐

all designated States except the United States of America

☒

the United States of America only

☐

the States indicated in the Supplemental Box

☒ Further applicants and/or (further) inventors are indicated on a continuation sheet.

### Box No. IV AGENT OR COMMON REPRESENTATIVE; OR ADDRESS FOR CORRESPONDENCE

The person identified below is hereby/has been appointed to act on behalf of the applicant(s) before the competent International Authorities as:

☒

agent

☐

common representative

Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country.)

HASEGAWA Yoshiki  
SOEI PATENT AND LAW FIRM  
Okura-Honkan, 6-12, Ginza 2-chome,  
Chuo-ku, Tokyo 104-0061 JAPAN

Telephone No.  
03-3564-8001

Facsimile No.  
03-3564-8004

Teleprinter No.

☐ Address for correspondence: Mark this check-box where no agent or common representative is/has been appointed and the space above is used instead to indicate a special address to which correspondence should be sent.



## Continuation of Box No. III

## FURTHER APPLICANT(S) AND/OR (FURTHER) INVENTOR(S)

*If none of the following sub-boxes is used, this sheet should not be included in the request.*

Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (that is, country) of residence if no State of residence is indicated below.)

HIRAIWA Hiroyuki  
c/o NIKON CORPORATION  
2-3, Marunouchi 3-chome, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8331 Japan

This person is:

- ☐ applicant only  
☒ applicant and inventor  
☐ inventor only (If this check-box is marked, do not fill in below.)

State (that is, country) of nationality:  
JAPAN

State (that is, country) of residence:  
JAPAN

This person is applicant for the purposes of:

- ☐ all designated States ☐ all designated States except the United States of America ☒ the United States of America only ☐ the States indicated in the Supplemental Box

Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (that is, country) of residence if no State of residence is indicated below.)

This person is:

- ☐ applicant only  
☐ applicant and inventor  
☐ inventor only (If this check-box is marked, do not fill in below.)

State (that is, country) of nationality:

State (that is, country) of residence:

This person is applicant for the purposes of:

- ☐ all designated States ☐ all designated States except the United States of America ☐ the United States of America only ☐ the States indicated in the Supplemental Box

Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (that is, country) of residence if no State of residence is indicated below.)

This person is:

- ☐ applicant only  
☐ applicant and inventor  
☐ inventor only (If this check-box is marked, do not fill in below.)

State (that is, country) of nationality:

State (that is, country) of residence:

This person is applicant for the purposes of:

- ☐ all designated States ☐ all designated States except the United States of America ☐ the United States of America only ☐ the States indicated in the Supplemental Box

Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (that is, country) of residence if no State of residence is indicated below.)

This person is:

- ☐ applicant only  
☐ applicant and inventor  
☐ inventor only (If this check-box is marked, do not fill in below.)

State (that is, country) of nationality:

State (that is, country) of residence:

This person is applicant for the purposes of:

- ☐ all designated States ☐ all designated States except the United States of America ☐ the United States of America only ☐ the States indicated in the Supplemental Box

☐

Further applicants and/or (further) inventors are indicated on another continuation sheet.



**Box No. V DESIGNATION OF STATES** (Double-click here if you want all the boxes on this page checked.)

The following designations are here made under Rule 4.9(a) (mark the applicable check-boxes; at least one must be marked):

**Regional Patent**

- ☒ **AP** **ARIPO Patent:** GH Ghana, GM Gambia, KE Kenya, LS Lesotho, MW Malawi, SD Sudan, SL Sierra Leone, SZ Swaziland, TZ United Republic of Tanzania, UG Uganda, ZW Zimbabwe, and any other State which is a Contracting State of the Harare Protocol and of the PCT
- ☒ **EA** **Eurasian Patent:** AM Armenia, AZ Azerbaijan, BY Belarus, KG Kyrgyzstan, KZ Kazakhstan, MD Republic of Moldova, RU Russian Federation, TJ Tajikistan, TM Turkmenistan, and any other State which is a Contracting State of the Eurasian Patent Convention and of the PCT
- ☒ **EP** **European Patent:** AT Austria, BE Belgium, CH and LI Switzerland and Liechtenstein, CY Cyprus, DE Germany, DK Denmark, ES Spain, FI Finland, FR France, GB United Kingdom, GR Greece, IE Ireland, IT Italy, LU Luxembourg, MC Monaco, NL Netherlands, PT Portugal, SE Sweden, and any other State which is a Contracting State of the European Patent Convention and of the PCT
- ☒ **OA** **OAPI Patent:** BF Burkina Faso, BJ Benin, CF Central African Republic, CG Congo, CI Côte d'Ivoire, CM Cameroon, GA Gabon, GN Guinea, GW Guinea-Bissau, ML Mali, MR Mauritania, NE Niger, SN Senegal, TD Chad, TG Togo, and any other State which is a member State of OAPI and a Contracting State of the PCT (if other kind of protection or treatment desired, specify on dotted line).....

**National Patent** (if other kind of protection or treatment desired, specify on dotted line):

- |   |   |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>AE</b> United Arab Emirates .....                  | <input checked="" type="checkbox"/> <b>LK</b> Sri Lanka .....                                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>AL</b> Albania .....                               | <input checked="" type="checkbox"/> <b>LR</b> Liberia .....                                   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>DZ</b> Algeria .....                               | <input checked="" type="checkbox"/> <b>LS</b> Lesotho .....                                   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>AG</b> Antigua and Barbuda .....                   | <input checked="" type="checkbox"/> <b>LT</b> Lithuania .....                                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>AM</b> Armenia .....                               | <input checked="" type="checkbox"/> <b>LU</b> Luxembourg .....                                |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>AT</b> Austria .....                               | <input checked="" type="checkbox"/> <b>LV</b> Latvia .....                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>AU</b> Australia .....                             | <input checked="" type="checkbox"/> <b>MA</b> Morocco .....                                   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>AZ</b> Azerbaijan .....                            | <input checked="" type="checkbox"/> <b>MD</b> Republic of Moldova .....                       |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>BA</b> Bosnia and Herzegovina .....                | <input checked="" type="checkbox"/> <b>MG</b> Madagascar .....                                |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>BB</b> Barbados .....                              | <input checked="" type="checkbox"/> <b>MK</b> The former Yugoslav Republic of Macedonia ..... |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>BG</b> Bulgaria .....                              | <input checked="" type="checkbox"/> <b>MN</b> Mongolia .....                                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>BR</b> Brazil .....                                | <input checked="" type="checkbox"/> <b>MW</b> Malawi .....                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>BY</b> Belarus .....                               | <input checked="" type="checkbox"/> <b>MX</b> Mexico .....                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>CA</b> Canada .....                                | <input checked="" type="checkbox"/> <b>NO</b> Norway .....                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>CH and LI</b> Switzerland and Liechtenstein .....  | <input checked="" type="checkbox"/> <b>NZ</b> New Zealand .....                               |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>CN</b> China .....                                 | <input checked="" type="checkbox"/> <b>PL</b> Poland .....                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>CR</b> Costa Rica .....                            | <input checked="" type="checkbox"/> <b>PT</b> Portugal .....                                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>CU</b> Cuba .....                                  | <input checked="" type="checkbox"/> <b>RO</b> Romania .....                                   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>CZ</b> Czech Republic .....                        | <input checked="" type="checkbox"/> <b>RU</b> Russian Federation .....                        |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>DE</b> Germany .....                               | <input checked="" type="checkbox"/> <b>SD</b> Sudan .....                                     |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>DK</b> Denmark .....                               | <input checked="" type="checkbox"/> <b>SE</b> Sweden .....                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>DM</b> Dominica .....                              | <input checked="" type="checkbox"/> <b>SG</b> Singapore .....                                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>EE</b> Estonia .....                               | <input checked="" type="checkbox"/> <b>SI</b> Slovenia .....                                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>ES</b> Spain .....                                 | <input checked="" type="checkbox"/> <b>SK</b> Slovakia .....                                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>FI</b> Finland .....                               | <input checked="" type="checkbox"/> <b>SL</b> Sierra Leone .....                              |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>GB</b> United Kingdom .....                        | <input checked="" type="checkbox"/> <b>TJ</b> Tajikistan .....                                |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>GD</b> Grenada .....                               | <input checked="" type="checkbox"/> <b>TM</b> Turkmenistan .....                              |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>GE</b> Georgia .....                               | <input checked="" type="checkbox"/> <b>TR</b> Turkey .....                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>GH</b> Ghana .....                                 | <input checked="" type="checkbox"/> <b>TT</b> Trinidad and Tobago .....                       |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>GM</b> Gambia .....                                | <input checked="" type="checkbox"/> <b>TZ</b> United Republic of Tanzania .....               |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>HR</b> Croatia .....                               | <input checked="" type="checkbox"/> <b>UA</b> Ukraine .....                                   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>HU</b> Hungary .....                               | <input checked="" type="checkbox"/> <b>UG</b> Uganda .....                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>ID</b> Indonesia .....                             | <input checked="" type="checkbox"/> <b>US</b> United States of America .....                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>IL</b> Israel .....                                | <input checked="" type="checkbox"/> <b>UZ</b> Uzbekistan .....                                |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>IN</b> India .....                                 | <input checked="" type="checkbox"/> <b>VN</b> Viet Nam .....                                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>IS</b> Iceland .....                               | <input checked="" type="checkbox"/> <b>YU</b> Yugoslavia .....                                |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>JP</b> Japan .....                                 | <input checked="" type="checkbox"/> <b>ZA</b> South Africa .....                              |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>KE</b> Kenya .....                                 | <input checked="" type="checkbox"/> <b>ZW</b> Zimbabwe .....                                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>KG</b> Kyrgyzstan .....                            |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>KP</b> Democratic People's Republic of Korea ..... |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>KR</b> Republic of Korea .....                     |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>KZ</b> Kazakhstan .....                            |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>LC</b> Saint Lucia .....                           |   |

Check-boxes reserved for designating States which have become party to the PCT after issuance of this sheet:

- ☐ .....
- ☐ .....

**Precautionary Designation Statement:** In addition to the designations made above, the applicant also makes under Rule 4.9(b) all other designations which would be permitted under the PCT except the designation(s) indicated in the Supplemental Box as being excluded from the scope of this statement. The applicant declares that those additional designations are subject to confirmation and that any designation which is not confirmed before the expiration of 15 months from the priority date is to be regarded as withdrawn by the applicant at the expiration of that time limit. (Confirmation (including fees) must reach the receiving Office within the 15-month time limit.)



**Supplemental Box** *If the Supplemental Box is not used, this sheet should not be included in the request.*

1. If, in any of the Boxes, **the space is insufficient** to furnish all the information: in such case write "Continuation of Box No. ..." [indicate the number of the Box] and furnish the information in the same manner as required according to the captions of the Box in which the space was insufficient, in particular:

- (i) **if more than two persons are involved as applicants and/or inventors** and no "continuation sheet" is available: in such case, write "Continuation of Box No. III" and indicate for each additional person the same type of information as required in Box No. III. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (that is, country) of residence if no State of residence is indicated below;
- (ii) if, in Box No. II or in any of the sub-boxes of Box No. III, the indication **"the States indicated in the Supplemental Box"** is checked: in such case, write "Continuation of Box No. II" or "Continuation of Box No. III" or "Continuation of Boxes No. II and No. III" (as the case may be), indicate the name of the applicant(s) involved and, next to (each) such name, the State(s) (and/or, where applicable, ARIPO, Eurasian, European or OAPI patent) for the purposes of which the named person is applicant;
- (iii) if, in Box No. II or in any of the sub-boxes of Box No. III, **the inventor or the inventor/applicant is not inventor for the purposes of all designated States or for the purposes of the United States of America**: in such case, write "Continuation of Box No. II" or "Continuation of Box No. III" or "Continuation of Boxes No. II and No. III" (as the case may be), indicate the name of the inventor(s) and, next to (each) such name, the State(s) (and/or, where applicable, ARIPO, Eurasian, European or OAPI patent) for the purposes of which the named person is inventor;
- (iv) if, in addition to the agent(s) indicated in Box No. IV, there are **further agents**: in such case, write "Continuation of Box No. IV" and indicate for each further agent the same type of information as required in Box No. IV;
- (v) if, in Box No. V, the name of any State (or OAPI) is accompanied by the indication **"patent of addition,"** or **"certificate of addition,"** or if, in Box No. V, the name of the United States of America is accompanied by an indication **"continuation"** or **"continuation-in-part"**: in such case, write "Continuation of Box No. V" and the name of each State involved (or OAPI), and after the name of each such State (or OAPI), the number of the parent title or parent application and the date of grant of the parent title or filing of the parent application;
- (vi) if, in Box No. VI, there are **more than three earlier applications whose priority is claimed**: in such case, write "Continuation of Box No. VI" and indicate for each additional earlier application the same type of information as required in Box No. VI;
- (vii) if, in Box No. VI, **the earlier application is an ARIPO application**: in such case, write "Continuation of Box No. VI", specify the number of the item corresponding to that earlier application and indicate at least one country party to the Paris Convention for the Protection of Industrial Property for which that earlier application was filed.

2. If, with regard to the **precautionary designation statement** contained in Box No. V, the applicant wishes to exclude any State(s) from the scope of that statement: in such case, write "Designation(s) excluded from precautionary designation statement" and indicate the name or two-letter code of each State so excluded.

3. If the applicant claims, in respect of any designated Office, the benefits of provisions of the national law concerning **non-prejudicial disclosures or exceptions to lack of novelty**: in such case, write "Statement concerning non-prejudicial disclosures or exceptions to lack of novelty" and furnish that statement below.

*Continuation of Box No. IV*

SHIODA Tatsuya  
TERASAKI Shiro  
NAGAHAMA Noriaki

SOEI PATENT AND LAW FIRM  
Okura-Honkan,  
6-12, Ginza 2-chome, Chuo-ku,  
Tokyo 104-0061 JAPAN

03-3564-8001





**Box No. VI PRIORITY CLAIM**☐

Further priority claims are indicated in the Supplemental Box.

Filing date of earlier application (day/month/year)	Number of earlier application	Where earlier application is:		
		national application: country	regional application:* regional Office	international application: receiving Office
item (1) 05.07.99	11-190117	JAPAN		
item (2)				
item (3)				



The receiving Office is requested to prepare and transmit to the International Bureau a certified copy of the earlier application(s) (only if the earlier application was filed with the Office which for the purposes of the present international application is the receiving Office) identified above as item: (1)

\* Where the earlier application is an ARIPO application, it is mandatory to indicate in the Supplemental Box at least one country party to the Paris Convention for the Protection of Industrial Property for which that earlier application was filed (Rule 4.10(b)(ii)). See Supplemental Box.

**Box No. VII INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

**Choice of International Searching Authority (ISA)**  
(if two or more International Searching Authorities are competent to carry out the international search, indicate the Authority chosen; the two-letter code may be used):

**Request to use results of earlier search:** reference to that search (if an earlier search has been carried out by or requested from the International Searching Authority):

Date (day/month/year)

Number

Country (or regional Office)

ISA /\_JP

**Box No. VIII CHECK LIST; LANGUAGE OF FILING**

This international application contains the following number of sheets:

request :5

description (excluding sequence listing part) :39

claims :3

abstract :1

drawings :18

sequence listing part of description :

Total number of sheets :66

This international application is accompanied by the item(s) marked below:

1. ☒ fee calculation sheet2. ☒ separate signed power of attorney3. ☒ copy of general power of attorney; reference number, if any:4. ☐ statement explaining lack of signature5. ☐ priority document(s) identified in Box No. VI as item(s):6. ☐ translation of international application into (language):7. ☐ separate indications concerning deposited microorganism or other biological material8. ☐ nucleotide and/or amino acid sequence listing in computer readable form9. ☐ other (specify):

Figure of the drawings which should accompany the abstract:

Language of filing of the

international application: JAPANESE

**Box No. IX SIGNATURE OF APPLICANT OR AGENT**

Next to each signature, indicate the name of the person signing and the capacity in which the person signs (if such capacity is not obvious from reading the request).

For receiving Office use only

1. Date of actual receipt of the purported international application:	2. Drawings:  <input type="checkbox"/> received:  <input type="checkbox"/> not received:
3. Corrected date of actual receipt due to later but timely received papers or drawings completing the purported international application:	
4. Date of timely receipt of the required corrections under PCT Article 11(2):	
5. International Searching Authority (if two or more are competent): ISA /JP	6. <input type="checkbox"/> Transmittal of search copy delayed until search fee is paid

For International Bureau use only

Date of receipt of the record copy by the International Bureau:



## 国際調査報告

(法8条、法施行規則第40、41条)  
〔PCT18条、PCT規則43、44〕

出願人又は代理人 の書類記号 FP00-0086-00	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(PCT/ISA/220)及び下記5を参照すること。		
国際出願番号 PCT/JPO0/04466	国際出願日 (日.月.年) 05.07.00	優先日 (日.月.年) 05.07.99	
出願人 (氏名又は名称) 株式会社ニコン			

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条 (PCT18条) の規定に従い出願人に送付する。  
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 2 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

## 1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記載した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ - 請求の範囲の一部の調査ができない (第I欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している (第II欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第III欄に示されているように、法施行規則第47条 (PCT規則38.2(b)) の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から1カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、

第 5 図とする。 ☐ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☒ 出願人は図を示さなかった。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。



## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> C03B20/00, C03B8/04

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> C03B8/04, C03B20/00, C03C3/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2000年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2000年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JOIS(JICST)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, 8-107060, A, (株式会社ニコン), 23. 4月. 1996 (23. 04. 96), 特許請求の範囲, 第【0027】～【0030】段落 (ファミリーなし)	1-8
A	JP, 8-268726, A, (株式会社ニコン), 15. 10月. 1996 (15. 10. 96), 特許請求の範囲, 第【0018】～【0020】段落, 図2 (ファミリーなし)	1-8
A	EP, 401845, A2, (HERAEUS QUARZGLAS GMBH), 12. 12月. 1990 (12. 12. 90), Claims, Fig9, Fig10 & JP, 03-109233, A, 特許請求の範囲, 第1図 (A), 第1図 (B)	1-8

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14. 09. 00

国際調査報告の発送日

26. 09. 00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
 郵便番号 100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

深草 祐一

4 T

9 7 2 8

電話番号 03-3581-1101 内線 3463



(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2001 年 1 月 11 日 (11.01.2001)

PCT

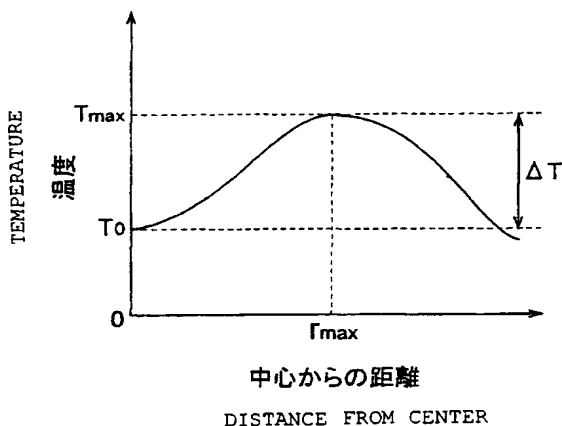
(10) 国際公開番号  
WO 01/02311 A1

- (51) 国際特許分類: C03B 20/00, 8/04 (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中川和博 (NAK-  
(21) 国際出願番号: PCT/JP00/04466 AGAWA, Kazuhiro) [JP/JP]. 平岩弘之 (HIRAIWA, Hi-  
royuki) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内三  
(22) 国際出願日: 2000 年 7 月 5 日 (05.07.2000) 丁目 2 番 3 号 株式会社 ニコン内 Tokyo (JP).  
(25) 国際出願の言語: 日本語 (74) 代理人: 弁理士 長谷川芳樹, 外 (HASEGAWA,  
Yoshiki et al.); 〒104-0061 東京都中央区銀座二丁目 6  
(26) 国際公開の言語: 日本語 番 12 号 大倉本館 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).  
(30) 優先権データ: (81) 指定国 (国内): AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,  
特願平 11/190117 1999 年 7 月 5 日 (05.07.1999) JP BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8331 MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD,  
東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP). SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,  
VN, YU, ZA, ZW.  
(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW,  
MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM,

/続葉有/

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING QUARTZ GLASS MEMBER AND QUARTZ GLASS MEMBER PRODUCED THEREBY

(54) 発明の名称: 石英ガラス部材の製造方法およびその方法により得られる石英ガラス部材



(57) Abstract: A method for producing a quartz glass member which comprises a step of reacting a silicon compound in oxy-hydrogen flame by using a burner having a concentric multiple structure, to thereby prepare fine quartz glass particles, a step of depositing the fine quartz glass particles on a supporter, which is arranged to be opposed to the burner and is rotating, with a temperature distribution which is symmetric with respect to the rotating axis of a quartz glass ingot in at least one plane perpendicular to the rotating axis and has a maximum value between the center and the periphery of the plane, to thereby provide a quartz glass ingot, and a step of cutting, from the above quartz glass ingot, a quartz glass member which has signed double refraction values increasing monotonously from the center toward the periphery of a face perpendicular to the rotating axis of the above quartz glass ingot, the signed double refraction values being determined based on double refraction values and the direction of the advanced phase axis thereof measured at plural positions of the plane.

/続葉有/

WO 01/02311 A1



AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

---

(57) 要約:

本発明の石英ガラス部材の製造方法は、多重管構造を有するバーナを用いてケイ素化合物を酸水素火炎中で反応させて石英ガラス微粒子を得るステップと、バーナと対向するように配置されており回転している支持体上に、石英ガラスインゴットの回転軸に垂直な少なくとも一つの面内において回転軸に関して対称であり且つ面の中心と周縁部との間に極大値を有する温度分布をもって、石英ガラス微粒子を堆積させて石英ガラスインゴットを得るステップと、石英ガラスインゴットの回転軸に垂直な面内の複数の箇所において測定される複屈折値及びその進相軸の向きに基づいて符号付複屈折値の分布を求め、符号付複屈折値が面の中心から周縁部にむけて単調増加する石英ガラス部材を前記石英ガラスインゴットから切り出すステップと、を含むものである。



## 明細書

石英ガラス部材の製造方法およびその方法により得られる石英ガラス部材

### 5 技術分野

本発明は石英ガラス部材の製造方法及びその方法により得られる石英ガラス部材に関するものであり、詳しくは、所定のマスクパターンを基板上に転写する投影露光装置における照明光学系、投影光学系などの結像光学系に用いるのに適した石英ガラス部材の製造方法、並びにその方法により得られる石英ガラス部材に関するものである。

### 背景技術

従来より、投影露光装置としては、図 18 A 及び図 18 B に示すような構造を有するものが用いられている。

すなわち、図 18 A に示す投影露光装置においては、水銀アーク灯等の光源 501 からの光束は楕円鏡 502 により集光された後、コリメータレンズ 503 により平行光束に変換される。そしてこの平行光束は、図 18 B に示すような断面が四角形の光学素材 504 a の集合体よりなるフライアイレンズ 504 を通過することにより、これの射出側に複数の光源像が形成される。この光源像位置には、円形状の開口部を有する開口絞り 505 が設けられている。この複数の光源像からの光束はコンデンサーレンズ 506 によって集光され、被照射物体としてのレチクル R を重畳的に均一照明する。

このようにして照明光学系によって均一照明されたレチクル R 上のパターンは、複数のレンズよりなる投影光学系 507 によって、レジストが塗布されたウェハ W 上に投影露光される。このウェハ W は 2 次元的に

移動するウェハステージWS上に載置されており、図18Aの投影露光装置では、ウェハ上での1ショット領域の露光が完了すると、次のショット領域への露光のために、順次ウェハステージを2次元移動させるいわゆるステップアンドリピート方式の露光が行われる。

5        また、近年においては、レチクルRに対し長形状または円弧状の光束を照射し、投影光学系507に関して共役に配置されたレチクルRとウェハWとを一定方向に走査することにより、高いスループットでレチクルRのパターンをウェハW上へ転写することが可能な走査露光方式が提案されている。

10        上記いずれの方式の投影露光装置においても、その光学系に用いられる光学部材としては、使用する露光光に対する透過率が高いことが望まれる。これは、投影露光装置の光学系は多数の光学部材の組み合わせにより構成されており、たとえレンズ1枚当たりの光損失が少なくとも、それが光学部材の使用枚数分だけ積算されると、トータルでの透過率低下の影響が大きいからである。透過率が低い光学部材を用いると、露光光を吸収することによって光学部材の温度が上昇して屈折率が不均質となり、さらには光学部材の局所的熱膨張によって研磨面が変形する。これによって光学性能の劣化が生じる。

15        一方、投影光学系においては、より微細かつ鮮明な投影露光パターンを得るために、光学部材の屈折率の高い均質性が要求される。これは、屈折率のばらつきにより光の進み遅れが生じ、これが投影光学系の結像性能に大きく影響するからである。

20        そこで、紫外光（波長400nm以下）を利用する投影露光装置の光学系に用いられる光学部材の材料としては、紫外光に対する透過率が高く、均質性に優れた石英ガラスあるいはフッ化カルシウム結晶が一般的に用いられている。

また、近年においては、ウェハ面上により微細なマスクパターン像を転写する、すなわち解像度を向上させるために、光源の波長を短くすることが提案されている。例えば、これまでのg線(436nm)やi線(365nm)から、KrF(248nm)やArF(193nm)エキシマレーザへと短波長化が進められている。

このような短波長のエキシマレーザを用いた投影露光においては、より微細なマスクパターンを得ることを目的としているため、透過率や屈折率の均質性について、より高い特性を有する材料が用いられている。

しかしながら、透過率や屈折率が高く且つ均質な材料であっても、複数の材料を組み上げて光学系を作製した場合に所望の解像度が得られないことがあった。

#### 発明の開示

本発明は上記従来技術の有する課題に鑑みてなされたものであり、投影露光装置の結像光学系において十分に高い解像度を得るために必要な石英ガラス部材を効率よく且つ確実に得ることを可能とする石英ガラス部材の製造方法、並びにその製造方法によって得られる石英ガラス部材を提供することを目的とする。

本発明者らは上記目的を達成すべく鋭意研究を重ねた結果、先ず、投影光学系の結像性能及び投影露光装置の解像度が光学部材の複屈折の影響を受けるものであり、光学部材の複屈折の大きさ、すなわち複屈折値(絶対値)が $2\text{ nm/cm}$ 以下で且つ光学部材内の複屈折値の分布が中央対称であれば、投影光学系の設計性能に近い結像性能及び投影露光装置の設計性能に近い解像度が得られることを見出し、特開平8-107060号公報において開示している。

しかしながら、投影露光装置の解像度に対する要求がさらに高まり、露光光としてより短波長の光を用いたり、光学部材として大口径且つ厚

みの大きなものを用いたりする場合には、上記従来の設計思想を採用しても投影光学系の良好な結像性能及び投影露光装置の良好な解像度を得ることができない場合があった。

そこで、本発明者らはさらに研究を重ねた結果、良好な透過率や良好な屈折率の均質性を有する光学部材を使用しても所望の光学性能を有する投影光学系及び投影露光装置を得ることができない原因として、光学部材がそれぞれ複屈折値の分布を有するため、複数の光学部材を投影光学系として組み上げた場合に異なる複屈折値の分布が光学系全体で積算され、結果として光学系全体での光の波面に乱れを生じさせ、投影光学系の結像性能や投影露光装置の解像度に大きな影響を与えていることを見出した。

すなわち、従来の光学部材の複屈折値の評価は、その大きさ（絶対値）の大小で議論されているに過ぎず、また、上記の光学部材の複屈折値の分布という概念もなかった。例えば、石英ガラス部材の複屈折値を測定する場合は、部材の径の 95% 付近の数カ所の複屈折値を測定し、その最大値をその部材における複屈折値として用いることが当業者の認識であった。ところが、石英ガラス部材の複屈折値の分布を詳細に測定したところ、複屈折値は実際は不均一な分布を有していることを本発明者らが見出したのである。

従って、屈折率の均質性の高い石英ガラス部材であっても、部材内の複屈折値の最大値の管理だけでは部材内の複屈折の影響を十分に評価することができず、特に、複数の部材を組み合わせる場合に所望の性能を有する光学系を得ることは非常に困難であることが分かった。

このように、複数の光学部材により構成された光学系全体での複屈折の評価は、個々の光学部材の複屈折値の大きさ（絶対値）のみでは単純に表すことができないため、本発明者らは、光学部材内の複屈折値の不

均一な分布が光学系に与える影響を詳細に検討した。その結果、光学部材における複屈折値の不均一な分布を進相軸の向きに注目してみた場合に、直接法による石英ガラスの合成、及びその後のアニール処理や高温熱処理において、従来の方法では石英ガラス部材の複屈折値の分布における進相軸の向きを制御することは困難であり、このようにして得られた複数の石英ガラス部材はいずれも進相軸の向きが同じである複屈折値の分布を有するので、これらを用いて光学系を構成すると複屈折値が積算されて光学系に悪影響を及ぼすことが分かった。そして、石英ガラス部材の製造工程において得られる石英ガラスインゴットが特定の温度分布を有するように制御することによって、上記従来の製造方法で得られる石英ガラス部材とは進相軸の向きが異なる複屈折値の分布を有する石英ガラス部材が得られることを見出し、本発明を完成するに至った。

すなわち、本発明の石英ガラス部材の第一の製造方法は、多重管構造を有するバーナを用いてケイ素化合物を酸水素火炎中で反応させて石英ガラス微粒子を得る第一のステップと、

前記バーナと対向するように配置されており回転している支持体上に、石英ガラスインゴットの回転軸に垂直な少なくとも一つの面内において前記回転軸に関して対称であり且つ面の中心と周縁部との間に極大値を有する温度分布をもって、前記石英ガラス微粒子を堆積させて石英ガラスインゴットを得る第二のステップと、

前記石英ガラスインゴットの回転軸に垂直な面内の複数の箇所において測定される複屈折値及びその進相軸の向きに基づいて符号付複屈折値の分布を求め、符号付複屈折値が面の中心から周縁部にむけて単調増加する石英ガラス部材を前記石英ガラスインゴットから切り出す第三のステップと、  
を含むものである。

また、本発明の石英ガラス部材の第二の製造方法は、石英ガラスインゴットを所定の温度まで昇温する第四のステップと、

前記石英ガラスインゴットの回転軸に垂直な少なくとも一つの面内において前記回転軸に関して対称であり且つ面の中心と周縁部との間に極大値を有する温度分布をもって、前記石英ガラスインゴットを冷却する第五のステップと、

前記石英ガラスインゴットの回転軸に垂直な面内の複数の箇所において測定される複屈折値及びその進相軸の向きに基づいて符号付複屈折値の分布を求め、符号付複屈折値が面の中心から周縁部にむけて単調増加する石英ガラス部材を前記石英ガラスインゴットから切り出す第六のステップと、

を含むものである。

さらに、本発明の第一の石英ガラス部材は、多重管構造を有するバーナを用いてケイ素化合物を酸水素火炎中で反応させて石英ガラス微粒子を得る第一のステップと、

前記バーナと対向するように配置されており回転している支持体上に、石英ガラスインゴットの回転軸に垂直な少なくとも一つの面内において前記回転軸に関して対称であり且つ面の中心と周縁部との間に極大値を有する温度分布をもって、前記石英ガラス微粒子を堆積させて石英ガラスインゴットを得る第二のステップと、

前記石英ガラスインゴットの回転軸に垂直な面内の複数の箇所において測定される複屈折値及びその進相軸の向きに基づいて符号付複屈折値の分布を求め、符号付複屈折値が面の中心から周縁部にむけて単調増加する石英ガラス部材を前記石英ガラスインゴットから切り出す第三のステップと、

を含む製造方法によって得られる、面の中心から周縁部に向けて単調増

加する符号付複屈折値の分布を有する石英ガラス部材である。

さらにまた、本発明の第二の石英ガラス部材は、石英ガラスインゴットを所定の温度まで昇温する第四のステップと、

5 前記石英ガラスインゴットの回転軸に垂直な少なくとも一つの面内において前記回転軸に関して対称であり且つ面の中心と周縁部との間に極大値を有する温度分布をもって、前記石英ガラスインゴットを冷却する第五のステップと、

10 前記石英ガラスインゴットの回転軸に垂直な面内の複数の箇所において測定される複屈折値及びその進相軸の向きに基づいて符号付複屈折値の分布を求め、符号付複屈折値が面の中心から周縁部にむけて単調増加する石英ガラス部材を前記石英ガラスインゴットから切り出す第六のステップと、

を含む製造方法によって得られる、面の中心から周縁部に向けて単調増加する符号付複屈折値の分布を有する石英ガラス部材である。

15 本発明によれば、石英ガラス部材の製造工程において石英ガラスインゴットが上記の特定の温度分布を有するように制御し、得られた石英ガラスインゴットについて、所定の面内の複数の箇所において測定される複屈折値及びその進相軸の向きに基づいて符号付複屈折値の分布を求め、符号付複屈折値の分布が面の中心から周縁部に向けて単調増加する石英  
20 ガラス部材を切り出すことによって、面の中心から周縁部に向けて単調増加する複屈折値の分布を有する石英ガラス部材を効率よく且つ確実に得ることが可能となる。そして、このようにして得られる本発明の石英ガラス部材と、面の中心から周縁部に向けて単調減少する符号付複屈折値の分布を有する従来の石英ガラス部材と、を用いることによって、光  
25 学系全体の高い透過率と高い屈折率の均質性ととも複屈折値が十分に均質化される。従って、投影露光装置の結像光学系において十分に高い

解像度を得ることが可能となる。

ここで、本発明にかかる符号付複屈折値の概念について説明する。

符号付複屈折値とは、光学部材の複屈折値を求める際に屈折率楕円体において定義される進相軸の向きを考慮して複屈折値に符号を付したものである。

より詳しくは、光学部材の光軸との交点を中心とする光軸に垂直な面内において、光束の円形照射を受ける領域を略円形の有効断面とし、この有効断面上にある複屈折測定点の微小領域内の進相軸の向きと、光学部材の光軸との交点である中心からの放射方向とが平行な場合に測定された複屈折値にプラスの符号を付し、垂直な場合にマイナスの符号を付するものである。

また、上記の複屈折値への符号の付し方は、光学部材の光軸との交点を中心とする光軸に垂直な面内に複数の光束が照射される場合にも適用できる。この場合にも、光学部材の光軸との交点である中心からの放射方向と、複数の光束が照射されているそれぞれの有効断面上にある複屈折測定点の微小領域内の進相軸の向きとが平行な場合に測定された複屈折値にプラスの符号を付し、垂直な場合にマイナスの符号を付するものである。

さらに、上記の複屈折値への符号の付し方は、光学部材の光軸との交点を中心とする光軸に垂直な面内に断面円形状以外の形状を有する光束、例えば断面リング状或いは断面楕円状の光束が照射される場合にも適用できる。この場合にも、光学部材の光軸との交点である中心からの放射方向と、複数の光束が照射されているそれぞれの有効断面上にある複屈折測定点の微小領域内の進相軸の向きとが平行な場合に測定された複屈折値にプラスの符号を付し、垂直な場合にマイナスの符号を付するものである。



なお、以下の説明においては、光束が照射されている有効断面上にある複屈折測定点の微小領域内の進相軸の向きと、光学部材の光軸との交点である中心からの放射方向とが平行な場合に測定された複屈折値にプラスの符号を付し、垂直な場合にマイナスの符号を付する場合について説明する。

以下に、図 1 A、図 1 B、図 2 A、図 2 B、図 3 A、及び図 3 Bを用いて符号付複屈折値をさらに具体的に説明する。

図 1 A は、光学部材 L 1 の有効断面上の中心 O からそれぞれ  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ,  $r_4$  の距離にある複屈折測定点  $P_{11}$ ,  $P_{12}$ ,  $P_{13}$ ,  $P_{14}$  における進相軸の向きを示す模式図である。なお、この図においては説明の便宜上、複屈折測定点  $P_{11} \sim P_{14}$  は中心  $O_1$  を通り半径方向にのびる直線  $Q_1$  上に設定されている。図中、各測定点の円で示される微小領域の大きさは各測定点における光路差に相当する。また、これらの微小領域内の線分  $W_{11}$ ,  $W_{12}$ ,  $W_{13}$ ,  $W_{14}$  の向きは進相軸の向きを示す。測定点  $P_{11} \sim P_{14}$  の進相軸の向きは全て直線  $Q_1$  の方向すなわち半径方向に平行であるので、測定点  $P_{11} \sim P_{14}$  の複屈折値は全てプラスの符号を付して表現される。このようにして得られた図 1 A に示す測定点  $P_{11} \sim P_{14}$  の符号付複屈折値  $A_{11}$ ,  $A_{12}$ ,  $A_{13}$ ,  $A_{14}$  の半径方向に対する分布を描くと、例えば図 1 B のようなプロフィールとなる。

図 2 A は、図 1 A と同様に光学部材 L 2 の有効断面上の中心  $O_2$  からそれぞれ  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ,  $r_4$  の距離にある複屈折測定点  $P_{21}$ ,  $P_{22}$ ,  $P_{23}$ ,  $P_{24}$  における進相軸の向きを示す模式図である。この場合には、測定点  $P_{21} \sim P_{24}$  の進相軸  $W_{21}$ ,  $W_{22}$ ,  $W_{23}$ ,  $W_{24}$  の向きは全て直線  $Q_2$  の方向すなわち半径方向に垂直であるので、測定点  $P_{21} \sim P_{24}$  の符号付複屈折値  $A_{21}$ ,  $A_{22}$ ,  $A_{23}$ ,  $A_{24}$  は全てマイナスの符号を付して表現される。このようにして得られた図 2 A に示す測定点  $P_{21} \sim P_{24}$

$_4$ の符号付複屈折値 $A_{21} \sim A_{24}$ の半径方向に対する分布を描くと、例えば図2Bのようなプロファイルとなる。

図3Bは、図1Aと同様に光学部材L2の有効断面上の中心Oからそれぞれ $r_1, r_2, r_3, r_4, r_5$ の距離にある複屈折測定点 $P_{31}, P_{32}, P_{33}, P_{34}$ における進相軸の向きを示す模式図である。この場合には、測定点 $P_{11} \sim P_{14}$ の進相軸 $W_{31}, W_{32}, W_{33}, W_{34}, W_{35}$ の向きは、測定点 $P_{31} \sim P_{33}$ においては直線 $Q_3$ の方向すなわち半径方向に平行であり、測定点 $P_{33}, P_{34}$ においては半径方向に垂直であるので、測定点 $P_{31} \sim P_{35}$ において得られる符号付複屈折値 $A_{31} \sim A_{35}$ の半径方向に対する分布は、図3Bに示すようなプロファイルとなる。

#### 図面の簡単な説明

図1Aは符号付複屈折値の概念を示す説明図であり、図1Bは図1Aに示す光学部材内における符号付複屈折値の分布を示すグラフである。

図2Aは符号付複屈折値の概念を示す別の説明図であり、図2Bは図2Aに示す光学部材内における符号付複屈折値の分布を示すグラフである。

図3Aは符号付複屈折値の概念を示す別の説明図であり、図3Bは図3Aに示す光学部材内における複屈折値の分布を示すグラフである。

図4は本発明において用いられる石英ガラスインゴットの合成炉の一例を示す説明図である。

図5は本発明の第一の製造方法における石英ガラスインゴットの回転軸に垂直な面内における中心からの距離と温度との相関を示すグラフである。

図6は本発明において用いられる熱処理装置の一例を示す説明図である。

図7Aは投影光学系を構成する複数の光学部材を示す側面図であり、

図 7 B は投影光学系を構成する光学部材の断面図である。

図 8 は本発明にかかる光学系の一例を示す概略構成図である。

図 9 は本発明にかかる投影露光装置の一例を示す概略構成図である。

図 10 A 及び図 10 B はそれぞれ、図 9 に示す投影露光装置の照明光学系の構成の一例を示す説明図である。

図 11 A ～図 11 D はそれぞれ本発明の実施例 1 ～ 3 及び比較例 1 の石英ガラスインゴットの製造工程におけるガラス直径と温度との相関を示すグラフである。

図 12 A ～図 12 D はそれぞれ本発明の実施例 1 ～ 3 及び比較例 1 で得られた石英ガラス部材のガラス直径と符号付複屈折値との相関を示すグラフである。

図 13 A ～図 13 D はそれぞれ、本発明の実施例 4 ～ 5 及び比較例 2 ～ 3 の石英ガラスインゴットの製造工程におけるガラス直径と温度との相関を示すグラフである。

図 14 A ～図 14 D はそれぞれ本発明の実施例 4 ～ 5 及び比較例 2 ～ 3 で得られた石英ガラス部材のガラス直径と符号付複屈折値との相関を示すグラフである。

図 15 A 及び図 15 B はそれぞれ本発明の実施例 6 及び実施例 7 の熱処理工程における石英ガラス部材のガラス直径と温度との相関を示すグラフである。

図 16 A 及び図 16 B はそれぞれ本発明の実施例 6 ～ 7 で得られた石英ガラス部材のガラス直径と符号付複屈折値との相関を示すグラフであり、図 16 C は実施例 6 の高温熱処理後の石英ガラス部材のガラス直径と符号付複屈折値との相関を示すグラフであり、図 16 D 及び図 16 E はそれぞれ比較例 3 及び比較例 4 で得られた石英ガラス部材のガラス直径と符号付複屈折値との相関を示すグラフである。

図 1 7 は本発明の実施例において光学系 3 の作製に用いた石英ガラス部材のガラス直径と符号付複屈折値との相関を示すグラフである。

図 1 8 A は従来の投影露光装置の一例を示す概略構成図であり、図 1 8 B は図 1 8 A の投影露光装置に用いられるフライアイレンズの一例を示す断面図である。

### 発明を実施するための最良の形態

先ず、本発明の石英ガラスの第一の製造方法について説明する。

図 4 は本発明の石英ガラスの第一の製造方法において用いられる石英ガラスインゴットの合成炉の一例を示す説明図である。図 4 においては、多重管構造を有する石英ガラス製のバーナ 4 1 0 が合成炉 4 0 0 の上部からターゲット 4 2 0 にその先端部を向けて設置されている。炉壁は炉枠 4 4 0 及び耐火物 4 3 0 により構成されており、観察用の窓（図示せず）、I R カメラ監視用窓 4 5 0 及び排気系 4 6 0 が設けられている。合成炉 4 0 0 の下部には石英ガラスインゴット形成用のターゲット 4 2 0 が配設されており、ターゲット 4 2 0 は支持軸 4 8 0 を介して炉の外にある X Y ステージ（図示せず）に接続されている。支持軸 4 8 0 はモータにより回転可能とされており、X Y ステージは X 軸サーボモータ及び Y 軸サーボモータにより X 軸方向及び Y 軸方向に 2 次元的に移動可能とされている。

本発明の第一の製造方法においては、先ず、バーナ 4 1 0 から酸素含有ガス及び水素含有ガスが噴出され、これらが混合されて酸水素火炎が形成される。この火炎中に原料のケイ素化合物をキャリアガスで希釈してバーナ 4 1 0 の中心部から噴出させると、ケイ素化合物の加水分解により石英ガラス微粒子（スート）が発生する。ここで、本発明において使用されるケイ素化合物としては、 $\text{SiCl}_4$ 、 $\text{SiHCl}_3$  等のケイ素

の塩化物、 $\text{SiF}_4$ 、 $\text{Si}_2\text{F}_6$ などのケイ素のフッ化物、ヘキサメチルジシロキサン、オクタメチルシクロテトラシロキサン、テトラメチルシクロテトラシロキサン等のシロキサン類、メチルトリメトキシシラン、テトラエトキシシラン、テトラメトキシシラン等のシラン類、等の有機ケイ素化合物、その他、 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{Si}_2\text{H}_6$ 等が挙げられる。

次に、上記の工程において得られる石英ガラス微粒子を、回転、揺動するターゲット420上に堆積させるとともに熔融・ガラス化することによって、透明の石英ガラスインゴットが得られる。このとき、インゴット上部は火炎に覆われており、ターゲット420上に形成される石英ガラスインゴットの温度はIRカメラ（図示せず）の観測結果に基づいてその回転軸に垂直な面内において回転軸に関して対称であり且つ面の中心と周縁部との間に極大値を有する温度分布をもつように制御される。また、ターゲット420はインゴット上部の合成面の位置を常にバーナから等距離に保つようにZ方向に引き下げられる。

すなわち、上記の工程においてターゲット420上に形成される石英ガラスインゴットは回転軸に垂直な面の中心から径r方向に向けて図5に示す温度分布を有しているものであり、このように石英ガラスインゴットの温度分布を制御し、さらに後述する符号付複屈折値の分布に基づいて部材を切り出すことによって初めて、中心から径方向に単調増加する符号付複屈折値の分布を有する石英ガラス部材を得ることができる。なお、従来の直接法では、石英ガラスインゴットの周縁部が急激に冷却されて密度が高くなるのに対し、中心部は周縁部に比べて高温のまま保持されるので疎となり、得られる石英ガラスインゴットが中心から径方向に向けて単調減少する符号付複屈折値の分布を示すものと本発明者らは推察する。

図5において、ターゲット420上に形成される石英ガラスインゴッ

トの回転軸と垂直な面の中心 ( $r = 0$ ) の温度を  $T_0$ 、 $r = r_{max}$  における温度の極大点を  $T_{max}$  で表すとき、その温度差  $\Delta T = T_{max} - T_0$  は  $0^\circ\text{C}$  を超え  $200^\circ\text{C}$  以下であることが好ましい。 $\Delta T$  が  $200^\circ\text{C}$  を超えると得られる石英ガラスインゴットの歪が大きくなる傾向にある。

5        このようにして得られる石英ガラスインゴットについて回転軸に垂直な面内の複数の箇所における複屈折値及びその進相軸の向きを測定すると、通常、中心からの距離  $r$  と符号付複屈折値  $A$  との間に図 3 B に示すような相関が見られる。ここで、本発明にかかる複屈折値の測定方法としては、位相変調法、回転検光子法、位相補償法等が挙げられる。

10        位相変調法において、光学系は光源、偏光子、位相変調素子、試料及び検光子によって構成される。光源としては He-Ne レーザーまたはレーザーダイオード、位相変調素子としては光弾性変換器、がそれぞれ使用される。光源からの光は偏光子により直線偏光となって位相変調素子に入射する。試料上に投射される位相変調素子からの光束は素子により直線偏光→円偏光→直線偏光と連続的に偏光状態が変化する変調光である。測定に際しては、試料上の測定点に入射する光束を中心として試料を回転させて検知器の出力のピークを見つけ、そのときの振幅を測定することによって進相軸の方向と複屈折位相差の大きさを求める。なお、光源にゼーマンレーザーを用いると試料を回転させずに測定を行う  
15        ことができる。また、位相シフト法、光ヘテロダイン干渉法も、本発明において使用することが可能である。

20        回転検光子法では、光源と光検出器との間の試料を偏光子と回転検光子とによって挟むような装置構成となっており、試料の後に配置した検光子を回転させながら検知器からの信号を測定し、検知器からの信号の  
25        最大値と最小値とから位相差を求める。

位相補償法では、光源、偏光子、試料、位相補償板、検光子、光検出

器を配置する。なお、偏光子と検光子とはそれぞれの軸が互いに直交するように配置する。試料に入射した直線偏光は試料の複屈折により楕円偏光となるが、位相補償板を調節することによって再び直線偏光となり、光検出器での信号を実質的にゼロとすることができる。そして、最も良く消光したときの位相補償値が複屈折の量となる。

なお、試料の厚みが十分である場合には、クロスニコル光学系の中に被測定試料と標準試料とをそれぞれ配置して比較するといった簡便な方法であっても、複屈折値を求めることが可能である。

複屈折の測定値には、先に述べたように進相軸の方向と部材の径方向とが平行である場合には+（プラス）、垂直である場合には-（マイナス）を付す。なお、複屈折の測定値が小さい場合には進相軸は必ずしも部材の径方向と完全に平行もしくは垂直にはならず傾きを有する場合があるが、このような複屈折値には、径方向に対する進相軸の角度が45度より小さい場合には+、45度より大きい場合には-を付して取り扱えばよい。

このようにして得られる符号付複屈折値の分布に基づいて、中心（ $r = 0$ ）から極大値  $A_{32}$  を与える  $r = r_2$  までの間の所定の部分を切り出すことによって、面の中心から周縁部に向けて単調増加する符号付複屈折値の分布を有する石英ガラス部材が得られる。なお、このようにして得られる本発明の石英ガラス部材は複屈折値の分布における回転対称性が十分に高いものであり、屈折率分布に起因する波面収差の光学設計による補正を容易とするものであるが、このような石英ガラス部材を得る際には、上記の切り出し工程において石英ガラス部材の幾何学的中心とインゴットの中心とを一致させることが必要である。また、本発明の第一の方法において得られる石英ガラス部材は、温度分布や炉内雰囲気が不安定となりやすいインゴット周縁部を含まないので、OHやCl等の

不純物濃度が十分に低く、より高い光学特性を得ることができる。

上記の本発明の第一の製造方法においては、得られる石英ガラスインゴット又は石英ガラス部材に対してアニール処理を行ってもよい。アニール処理とは、具体的には、光学材料又は光学部材を徐冷点付近の温度  
5 (通常1000～1200℃)まで昇温させた後同温で一定時間保持し、  
所定の降温速度で冷却することをいい、このような処理を行うことによ  
って光学部材の透過率や屈折率を均質にすることができる。

なお、本発明の第一の製造方法においては、石英ガラスインゴット又は石英ガラス部材に対して高温熱処理を行わないことが好ましい。従来  
10 の製造方法では、得られる石英ガラスインゴットに脈理が見られるなど  
屈折率の不均質化が顕著な場合には、石英ガラスの失透温度域よりも高  
く且つ石英ガラスの軟化変形が起こる温度(通常1600℃以上)での  
高温熱処理が行われるが、本発明の第一の製造方法で得られる石英ガラ  
スインゴット又は石英ガラス部材にこのような高温熱処理を行うと、冷  
15 却工程において周縁部から冷却されることによって中心から径方向に向  
けて単調減少する符号付複屈折値の分布を示すようになり、所望の石英  
ガラス部材が得られない傾向にある。なお、前記高温熱処理を含む従来  
の製造方法によって得られる石英ガラス部材には、後述する本発明の第  
二の製造方法によって中心から径方向に向けて単調増加する符号付複屈  
20 折値の分布が付与される。

次に、本発明の石英ガラス部材の第二の製造方法について説明する。

図6は本発明の第二の製造方法に用いられる熱処理装置の一例を示す説明図である。図6において、熱処理装置600は試料台620上に配  
設された1対のセラミック板610、610を備えており、セラミック  
25 板610、610の間に試料としての石英ガラスインゴットを配置する  
ことが可能となっている。また、セラミック板610、610及び試料



台 6 2 0 はヒータ 6 3 0 を備える炉壁 6 4 0 に收容されている。そして、セラミック板 6 1 0、6 1 0 及びヒータ 6 3 0 はそれぞれコントローラ（図示せず）と電氣的に接続されており、コントローラからセラミック板 6 1 0、6 1 0 又はヒータ 6 3 0 の温度を制御するための制御信号が送られる。さらに、熱処理装置 6 0 0 においては、I R カメラにより石英ガラスインゴットの温度分布を観測することが可能である。なお、本発明においては、熱処理装置 6 0 0 内の雰囲気は、不活性ガス雰囲気、空気雰囲気又は水素雰囲気であることが好ましい。特に、後述する各工程を水素雰囲気中で行うと、石英ガラス中の水素分子が放出されにくくなるのでより好ましい。

本発明の第二の製造方法においては、先ず、セラミック板 6 1 0、6 1 0 の間に円筒状の石英ガラスインゴットを配置し、ヒータ 6 3 0 により熱処理装置 6 0 0 内の雰囲気温度を上昇させて石英ガラスインゴットを昇温させる。ここで、本発明の第二の製造方法において用いられる石英ガラスインゴットは、本発明の第一の製造方法により得られるものであってもよく、従来より公知の方法によって得られるものであってもよい。従来より公知の石英ガラスの製造方法としては、例えば、a) ケイ素化合物を酸水素火炎中で加水分解してガラス微粒子（スート）を得、そのガラス粒子を堆積させて多孔質ガラス（スート体）を形成させ、さらにその多孔質ガラスを軟化点（好ましくは融点）近傍以上の温度で透明化させて透明石英ガラスを得る方法、b) ケイ素化合物を酸水素火炎中で加水分解し、得られたガラス微粒子をターゲット上に堆積させると同時に透明ガラス化を行って透明石英ガラスを得る方法、等が挙げられる。a の方法はスート法、b の方法は直接法と呼ばれ、スート法における多孔質ガラスの形成方法としては、V A D 法、O V D 法、ゾルゲル法等が挙げられる。上記の従来の方法により得られる石英ガラスインゴッ

トは、通常、図 2 B に示す複屈折値の分布を有するものである。

昇温後の石英ガラスインゴットは、所定の温度（好ましくは 1 6 0 0 °C 以上 2 0 0 0 °C 以下）で所定の時間（好ましくは 1 時間以上 1 0 0 時間以下）保持される。そして、セラミック板 6 1 0、6 1 0 の温度が熱処理装置 6 0 0 内の雰囲気温度に対して常に低くなるように、すなわち、石英ガラスインゴットが図 5 に示す温度分布を有するように、セラミック板 6 1 0、6 1 0 及びヒータ 6 3 0 の温度を制御しながら石英ガラスインゴットが冷却される。ここで、熱処理装置 6 0 0 内の雰囲気温度とセラミック板 6 1 0、6 1 0 の温度との差は 2 0 °C 以上 3 0 0 °C 以下であることが好ましい。これらの温度差が前記下限値未満であると正の符号付複屈折値を有する石英ガラス部材が得られにくくなる傾向にあり、他方、温度差が前記上限値を超えると得られる部材中の符号付複屈折値の最大値と最小値との差が増加して不均質化する傾向にある。また、上記の冷却工程における降温速度は 1 °C / 時間以上 5 0 °C / 時間以下であることが好ましい。降温速度が前記下限値未満であると作業効率が低下する傾向にあり、他方、降温速度が前記上限値を超えると得られる石英ガラス部材が不均質化する傾向にある。さらに、上記の冷却工程において、所定の保持温度から 5 0 0 °C まで降温した後放冷すると、符号付複屈折値の分布に影響を及ぼす因子を排除したまま工程を簡便化することができるので好ましい。さらにまた、石英ガラスインゴットと当接するセラミック板の面積は目的とする石英ガラス部材の口径によって適宜選択されるが、石英ガラスインゴットの周縁部とセラミック板の周縁部との距離は 2 0 m m 以上であることが好ましい。石英ガラスインゴットの周縁部とセラミック板の周縁部との距離が 2 0 m m 以下であると、石英ガラスインゴットにおけるセラミック板当接部分と周縁部との間に温度差がなくなり、符号付複屈折値が中心から径方向に単調増加する石英ガ

ラス部材が得られなくなる傾向にある。

上記の冷却工程後の石英ガラスインゴットの複数の箇所における複屈折値及びその進相軸の向きを測定すると、通常、中心からの距離  $r$  と符号付複屈折値との間に図 1 B に示す相関が得られる。ここで、符号付複屈折値の測定方法としては、上記の本発明の第一の製造方法の説明において例示された符号付複屈折値の測定方法が挙げられる。

本発明においては、本発明の第一の製造方法と第二の製造方法を組み合わせることが特に好ましい。すなわち、本発明の第一の製造方法により得られる石英ガラスインゴットは既に中心から径方向に単調増加する符号付複屈折値の分布（図 3 B）を有するものであるが、本発明の第二の製造方法に含まれる上記の熱処理工程及び冷却工程を施すことによって符号付複屈折値の最大値と最小値との差が小さくなって屈折率がより均質化されたものとなる。そして、この符号付複屈折値の分布に基づいて所定の部分を切り出すことによって、面の中心から周縁部に向けて単調増加する符号付複屈折値の分布を有する石英ガラス部材が得られる。なお、このようにして得られる本発明の石英ガラス部材は複屈折値の分布における回転対称性が十分に高いものであり、屈折率分布に起因する波面収差の光学設計による補正を容易とするものであるが、このような石英ガラス部材を得る際には、上記の切り出し工程において石英ガラス部材の幾何学的中心とインゴットの中心とを一致させることが必要である。

なお、図 6 にはセラミック板 6 2 0、6 2 0 を備える熱処理装置 6 0 0 を示したが、本発明においては、雰囲気温度よりも低温の不活性ガスを石英ガラスインゴットの中央部に吹き付けることによって、石英ガラスインゴットの中央部と周縁部とが所定の温度差を保持するように冷却することもできる。ここで、本発明において使用される不活性ガスとし

ては、ドライエアー、窒素ガス、水素ガス等が挙げられる。また、これらの不活性ガスの温度は  $0 \sim 300^{\circ}\text{C}$  であることが好ましく、その露点は  $-50^{\circ}\text{C}$  以下であることが好ましい。

本発明の第一の製造方法及び第二の製造方法においては、切り出し等の加工処理後の石英ガラス部材について、必要に応じて、急速加熱→短時間保持→急速冷却といった熱処理、あるいはフッ酸処理、芯取り加工などの処理が施される。このような処理を行うと、石英ガラス部材が本来的に有する符号付複屈折値のばらつきや切り出し工程等によって生じる加工歪みが抑制される傾向にある。なお、前記芯取り加工においては、加工歪みが発生しない程度の速度で石英ガラス部材の側面（円周面）を  $0.1\text{mm}$  程度研削することが好ましい。

このようにして得られる本発明の光学部材は、その幾何学的中心に関して対称であり且つ中心から径方向に向けて単調増加する符号付複屈折値の分布を有するものであり、中心に関して対称であり且つ中心から径方向に向けて単調減少する符号付複屈折値の分布を有する従来の光学部材と本発明の石英ガラス部材とを、複屈折値の分布が互いに打ち消し合うようにそれぞれの符号付複屈折値から光学系全体の符号付複屈折特性値を見積もりながら光学系を作製することによって、良好な結像性能を得ることができる。

ここで、本発明にかかる光学系全体の符号付複屈折特性値の概念について、図 7 A 及び図 7 B に基づいて説明する。

図 7 A は、投影光学系を構成する  $m$  個の光学部材を光源から順に配列させた模式的側面図である。また、図 7 B は、図 7 A に示す  $m$  個の光学部材のうち光源から  $i$  番目に配置される光学部材  $L_i$  の光軸に垂直な有効断面を示す模式的断面図である。

本発明においては、光学部材内の複屈折値の分布は光軸方向に平行な

部材の厚み方向については均一であり、光軸に垂直な有効断面上の半径方向については不均一であると仮定する。ここで、有効断面とは光学部材の光軸に垂直な面内のうち光束の照射を受ける領域をいう。そして、光軸との交点を有効断面の中心とし、その半径を光学部材の有効断面の有効半径とする。また、投影光学系全体の符号付複屈折特性値を測定する際には、光学部材ごとにその有効断面の大きさが相違するため、図 7 A に示すように各光学部材の最大有効半径  $r_n$  が 1 となるように予め全光学部材の有効断面の大きさをノーマライズする。

なお、光学部材の光軸との交点を中心とする光軸に垂直な面内に複数の光束が照射される場合には、個々の光束に対応する有効断面について各光学部材の最大有効半径  $r_n$  が 1 となるように予め全光学部材の有効断面の大きさをノーマライズする。

さらに、光学部材の光軸との交点を中心とする光軸に垂直な面内に断面円形状以外の形状を有する光束、例えば断面リング状或いは断面楕円状の光束が照射される場合にも、個々の光束に対応する有効断面について各光学部材の最大有効半径  $r_n$  が 1 となるように予め全光学部材の有効断面の大きさをノーマライズする。

例えば、断面リング状の光束が照射される場合には、リングの最大外径が 1 となるように予め全光学部材の有効断面の大きさをノーマライズし、符号付複屈折値の測定については以下に説明する断面円形状の光束に対する測定と同様に行えばよい。また、断面楕円状の光束が照射される場合には、楕円の長軸の最大外径が 1 となるように予め全光学部材の有効断面の大きさをノーマライズし、符号付複屈折値の測定については以下に説明する断面円形状の光束に対する測定と同様に行えばよい。

投影光学系全体の符号付複屈折特性値を測定するためには、先ず、図 7 B に示すように、1 つの光学部材  $L_i$  についてその有効断面上に中心

を  $O_i$  とし且つ中心からの半径が互いに相違する複数の同心円  $C_{ij}$  のモデルを仮定する。次に中心  $O_i$  からの半径が  $r_j$  である  $j$  番目の同心円  $C_{ij}$  上にある  $k$  番目の測定点  $P_{ijk}$  の複屈折値を測定する。さらに、測定点  $P_{ijk}$  における進相軸の向きと半径方向との関係から符号を付して測定点  $P_{ijk}$  の符号付複屈折値  $A_{ijk}$  とする。

ここで、 $i$  は、投影光学系を構成する前記光学部材  $L$  の番号 ( $i = 1, 2, \dots, m; 2 \leq m$ ) を示す。また、 $j$  は、光学部材  $L$  における光軸に垂直な有効断面上に想定される、光軸を中心とし且つ該光軸からの半径が互いに相違する同心円  $C$  の番号 ( $j = 1, 2, \dots, n; 1 \leq n$ ) を示す。さらに、 $k$  は、同心円  $C$  の円周上にある測定点の番号 ( $k = 1, 2, \dots, h; 1 \leq h$ ) を示す。このようにして同一の同心円  $C_{ij}$  上の所定の測定点  $P_{ij1} \sim P_{ijh}$  における符号付複屈折値  $A_{ij1} \sim A_{ijh}$  を測定する。

次に、下記式 (1) に従い、光学部材  $L_i$  における同心円  $C_{ij}$  の円周上にある測定点の符号付複屈折値の相加平均である平均符号付複屈折値  $B_{ij}$  を算出する。

$$B_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^h A_{ijk}}{h} \quad (1)$$

次に、下記式 (2) に従い、平均符号付複屈折値  $B_{ij}$  と見かけの厚み  $T_i$  との積である平均符号付複屈折量を示し  $E_{ij}$  を算出する。

$$E_{ij} = B_{ij} \times T_i \quad (2)$$

ここで、 $T_i$  は、光学部材  $L_i$  の見かけの厚みを示す。この見かけの厚みとしては、光学部材  $L_i$  の有効断面内の厚みの平均値、又は、光学系内に配置した場合に光学部材  $L_i$  の上下の位置に組み合わされる他の部材とのマッチングによる実効的な厚みのどちらかが適宜選択されること

になる。

次に、下記式（３）に従い、投影光学系全体における平均符号付複屈折量  $E_{ij}$  の総和を総光路長  $D$  で除した符号付複屈折値の平均変化量  $G_j$  を算出する。

$$5 \quad G_j = \frac{\sum_{i=1}^m E_{ij}}{D} \quad (3)$$

ここで、 $D$  は、下記式（４）で表される投影光学系全体の見かけの総光路長を示す。

$$D = \sum_{i=1}^m T_i \quad (4)$$

10 次に、下記式（５）に従い、投影光学系全体における符号付複屈折値の平均変化量  $G_j$  の総和を同心円の数  $n$  で除した投影光学系全体の符号付複屈折特性値  $H$  を算出する。

$$H = \frac{\sum_{j=1}^n G_j}{n} \quad (5)$$

15 本発明においては、上記の手順で求めた光学系全体の符号付複屈折特性値  $H$  が下記式（６）を満たすと、その投影光学系全体の優れた結像性能を示し、このような投影光学系を備える投影露光装置が優れた解像度を示す傾向にあるので好ましい。

$$-0.5 \leq H \leq +0.5 \text{ nm/cm} \quad (6)$$

このようにして得られる投影光学系の一例を図８に示す。

20 図８に示す投影光学系１００は、第１物体としてのレチクル  $R$  側より順に、正のパワーの第１レンズ群  $G_1$  と、正のパワーの第２レンズ群  $G_2$  と、負のパワーの第３レンズ群  $G_3$  と、正のパワーの第４レンズ群  $G$

4 と、負のパワーの第 5 レンズ群 G 5 と、正のパワーの第 6 レンズ群 G 6 とから構成されている。そして、物体側（レチクル R 側）及び像側（ウエハ W 側）においてほぼテレセントリックとなっており、縮小倍率を有するものである。また、この投影光学系の N.A. は 0.6、投影倍率が 1/4 である。

この投影光学系においては、 $L_{45}$ 、 $L_{46}$ 、 $L_{63}$ 、 $L_{65}$ 、 $L_{66}$ 、 $L_{67}$  の 6 箇所、色収差を補正する目的でフッ化カルシウム単結晶を用いる。

上記の本発明の投影光学系は、上記式 (1) ~ (6) を用いた算出法により、各光学部材  $L_{11}$  ~  $L_{610}$  について光軸 Z との交点を中心とする光軸 Z に垂直な面内の符号付複屈折値の分布から投影光学系全体の符号付複屈折特性値を算出しており、この投影光学系全体の符号付複屈折特性値が  $-0.5 \sim +0.5 \text{ nm/cm}$  となる配置条件を満たすように各光学部材が互いに組み合わされている。

ここで、本発明にかかる投影光学系は、光学部材が、投影光学系全体の実効光路に基づく符号付複屈折値のストレール (Strehl) 値が 0.93 以上となる配置条件をさらに満たすように互いに組み合わされていることが好ましい。

本発明者らは光学部材内の複屈折の分布の評価について、光学部材有効断面の中心及びその周辺部の実効光路を考慮した符号付複屈折値のストレール強度を用いることが有効であることを見出した。本発明者らによりはじめて導入された複屈折のストレール値は、有効断面を通過する光線の実効光路を考慮しているため、光学系全体の符号付複屈折特性値による評価と併せることにより、光学部材内のさらに精密な複屈折の分布の評価を行うことができる。

この符号付複屈折値のストレール値による各光学部材の配置条件は下



記式に基づいて表現される。

$$0.93 \leq S \quad (7)$$

$$S = \prod_{i=1}^m S_i \quad (8)$$

$$S_i = 1 - \left( \frac{2\pi}{\lambda} \right)^2 \cdot \left( \frac{\sigma^2}{2} + \frac{|X|^2}{4} \right) \quad (9)$$

- 5 [式(7)～(9)中、 $\lambda$ は光源の波長を表し、 $\chi$ は投影光学系全体の光線追跡試験により光学部材 $L_i$ について得られる実効光路に基づく符号付複屈折値の有効半径方向に対する分布から決定される符号付複屈折値の平均値を表し、 $\sigma$ は投影光学系全体の光線追跡試験により光学部材 $L_i$ について得られる実効光路に基づいた符号付複屈折値の有効半径方向
- 10 に対する分布から決定される符号付複屈折値の標準偏差を表し、 $S_i$ は各光学部材 $L_i$ ごとの実効光路に基づいた符号付複屈折値のストレール(Strehl)強度を表し、 $S$ は各光学部材 $L_i$ を全て組み合わせた場合における投影光学系全体の実効光路に基づいた符号付複屈折値のストレール強度を表す。]

- 15 さらに、本発明にかかる投影光学系は、光学部材 $L_i$ の中心 $O_i$ 周辺の符号付複屈折値が $0.2 \text{ nm/cm}$ 以下であることが好ましい。光学部材に照射される光のほとんどは光学部材の中心部に光軸を持つため、上記の条件を満たす光学部材を用いることにより、中心部に複屈折を有する光学部材を用いた場合と比較して複屈折の影響を大幅に低減することが可能となる。
- 20

さらにまた、本発明にかかる投影光学系は、光学部材 $L_i$ において平均符号付複屈折値 $B_{ij}$ の半径方向の分布が、中心 $O_i$ 以外に極値を持たないことが好ましい。さらに、光学部材の符号付複屈折値の分布が中心

以外に極値を持たないものであれば、光学系全体での符号付複屈折特性値を見積もることが容易であり、個々の部材の複屈折の影響を効果的に打ち消し合って所望の光学性能を得ることが可能となる。

さらにまた、本発明にかかる投影光学系は、光学部材  $L_i$  において平均符号付複屈折値  $B_{ij}$  の最大値と最小値の差  $\Delta B_i$  が  $2.0 \text{ nm/cm}$  以下であることが好ましい。平均符号付複屈折値  $B_{ij}$  の半径方向の分布における最大値と最小値の差  $\Delta B_i$  が大きいということは、光学部材の平均符号付複屈折値  $B_{ij}$ 、さらには、符号付複屈折値  $A_{ijk}$  のばらつきが大きいことを表し、平均符号付複屈折値  $B_{ij}$  の最大値と最小値の差  $\Delta B_i$  が  $2.0 \text{ nm/cm}$  より大きい光学部材に光を照射する場合、光の通る位置によって符号付複屈折値  $A_{ijk}$  の差が大きいので光束の波面に乱れを生じ、光学系の結像性能が極端に低下する傾向がある。

さらにまた、本発明にかかる投影光学系は、各光学部材  $L_i$  において平均符号付複屈折値  $B_{ij}$  の半径方向における分布曲線の勾配の最大値  $F_i$  が、半径方向の幅  $10 \text{ mm}$  当たり  $0.2 \text{ nm/cm}$  以下であることが好ましい。このような光学部材を用いて投影光学系を構成することにより、投影光学系の良い結像性能を得ることができ、このような投影光学系を備える投影露光装置においてウェハ面全体にわたって均一な解像度を得られる。上記の平均符号付複屈折値  $B_{ij}$  の半径方向の分布における最大値と最小値の差  $\Delta B_i$  が大きい場合と同様に、平均符号付複屈折値  $B_{ij}$  の半径方向における分布曲線の勾配の最大値  $F_i$  が大きいということは、光学部材の平均符号付複屈折値  $B_{ij}$ 、さらには、符号付複屈折値  $A_{ijk}$  のばらつきが大きいことを表し、平均符号付複屈折値  $B_{ij}$  の半径方向における分布曲線の勾配の最大値  $F_i$  が半径方向の幅  $10 \text{ mm}$  当たり  $0.2 \text{ nm/cm}$  より大きい光学部材に光を照射する場合、光の通る位置によって符号付複屈折値  $A_{ijk}$  の差が大きいので光束の波面に

乱れを生じ、光学系の結像性能が極端に低下する傾向がある。

次に、図 8 に示す投影光学系を備える投影露光装置の一例を図 9 に示す。

図 9 に示す投影露光装置は、主として露光光源 3 0 3 と、パターン原  
5 像の形成されたレチクル R と、露光光源 3 0 3 から出力される光をレチ  
クル R に照射する照射光学系 3 0 2 と、レチクル R から出力されるパタ  
ーン像をウェハ（感光基板）W 上に投影する投影光学系 3 0 4 と、レチ  
クル R とウェハ W の位置合わせを行うアライメント系 3 0 5 とから構成  
されている。

10 ウェハ W は、レベリングステージ（図示せず）上に載置され、このレ  
ベリングステージは、駆動モーター 3 2 0 により投影光学系の光軸方向  
（Z 方向）に微動可能な Z ステージ 3 0 1 上に設置されている。Z ステ  
ージ 3 0 1 は、駆動モーター 3 2 0 よりステップ・アンド・リピート方  
式で 2 次元方向（X Y）方向に移動可能な X Y ステージ 3 1 5 に載置さ  
15 れている。レチクル R は水平面内で 2 次元移動可能なレチクルステージ  
3 0 6 上に載置されている。露光光源 3 0 3 からの露光光は、照明光学  
系 3 0 2 を介してレチクル R に形成されたパターンを均一に照明し、レ  
チクル R のパターン像は投影光学系 3 0 4 によってウェハ W のショット  
領域に露光転写される。この露光光には、2 4 8 n m（K r F エキシマ  
20 レーザ）、1 9 3 n m（A r F エキシマレーザ）、1 5 7 n m（F<sub>2</sub>レー  
ザ）等の波長を有する露光光を用いることができる。

X Y ステージ 3 1 5 は、ウェハ W 上の 1 つのショット領域に対するレ  
チクル R のパターンの転写露光が終了すると、ウェハ W の次のショット  
領域が投影光学系 3 0 4 の露光領域と一致するようにステッピング移動  
25 される。ウェハ W が載置されたレベリングステージの 2 次元的な位置は  
レベリングステージに固定された移動鏡 3 4 0 との距離をレーザー干渉

計（図示せず）で計測することによって、例えば  $0.01\ \mu\text{m}$  程度の分解能で常時モニターされており、レーザー干渉計の出力はステージコントロール系 311 に供給されている。

レチクル R はレチクルステージ 306 上で、レチクル R 上の転写パターンの中心が投影光学系 304 の光軸 AX と一致するように位置決めされる。レチクル R の位置決めは、レチクル R の外周付近に設けられた複数のレチクルアライメントマーク（レチクルマーク）を用いて行われる。レチクルマークは、X 方向の位置決めを行うためのレチクルマークと、Y 方向の位置決めを行うためのレチクルマークの 2 種類のものが設けられている。アライメント系 305 は、露光光源 303 から露光光の一部を分岐して取り出した露光光を照明光（アライメント光）として使用する。アライメント系 305 は各レチクルアライメントマークの位置に 1 つずつ設けられている。

照明光学系 302 を通過した照明光は、レチクル R のパターン領域の外側に設けられたレチクルマークに入射する。レチクルマークは、例えば、パターン周囲の不透明部に形成された矩形の透明窓からなる。レチクルマーク部で反射されたアライメント光は、アライメント系 305 に再び入射する。一方レチクルマークを通過したアライメント光は、投影光学系 304 を通ってウェハ W 上の各ショット領域の周囲に設けられた基板アライメントマーク（ウェハマーク）上に入射する。ウェハマークは各ショット領域の周囲にそれぞれ設けるのではなく、ウェハの所定の位置、例えばウェハの外周部領域にのみ設けてもよい。ウェハマークもレチクルマークに対応して X 方向の位置決めを行うためのウェハマークと、Y 方向の位置決めを行うためのウェハマークの 2 種類のものが設けられている。ウェハマークからの反射光は入射光と逆の経路を辿り、投影光学系 304、レチクルマーク部を通過してアライメント系 305 に

再び入射する。

このようにしてアライメント系 3 0 5 は、レチクル R とウェハ W とからのアライメント光の反射を入力することにより、レチクル R とウェハ W との相対的な位置を検出する。このアライメント系 3 0 5 の出力は主制御系 3 1 2 に供給される。そして主制御系 3 1 2 の出力がレチクル交換系 3 0 7 とステージコントロール系 3 1 1 に供給されることにより、レチクル R とウェハ W との空間的な位置が調整される。その結果、ウェハ W 上の各ショット領域に形成されているパターンと、これから転写露光するレチクル R のパターン像との重ね合わせ精度を高精度に維持することができる。

図 1 0 A 及び図 1 0 B は、図 9 に示す投影露光装置の照明光学系 3 0 2 の詳細な構造を示す概略構成図である。

図 1 0 A は、照明光学系 3 0 2 を図 9 の Y 方向からみた場合の正面図であり、図 1 0 B は、照明光学系 3 0 2 を図 9 の X 方向からみた場合の正面図である。なお、いずれの図においても照明光学系 3 0 2 に入射する露光光の一部を分岐して使用するアライメント系 3 0 2 を省略している。

露光光源 3 0 3 (図示せず)からは、248 nm (KrF エキシマレーザ)、193 nm (ArF エキシマレーザ)、157 nm (F<sub>2</sub> レーザ)等の波長を有するほぼ平行な光束が出力され、このときの平行光束の断面形状は矩形状となっている。この露光光源 3 0 3 からの平行光束は、所定の断面形状の光束に整形する光束整形部としてのビーム整形光学系 2 0 に入射する。このビーム整形光学系 2 0 は、Y 方向に屈折力を持つ 2 つのシリンドリカルレンズ (2 0 A、2 0 B) で構成されており、光源側のシリンドリカルレンズ 2 0 A は、負の屈折力を有し、X 方向の光束を発散させる一方、被照射面側のシリンドリカルレンズ 2 0 B は、正の屈折力を有し、光源側のシリンドリカルレンズ A からの発散光束を集

光して平行光束に変換する。従って、ビーム整形光学系 20 を介した露光光源 303 からの平行光束は、Y 方向の光束幅が拡大されて光束断面が所定の大きさを持つ長形状に整形される。なお、ビーム整形光学系 20 としては、正の屈折力を持つシリンドリカルレンズを組み合わせたものでも良く、さらにはアナモルフィックプリズム等でも良い。

ビーム整形光学系 20 からの整形された光束は、第 1 リレー光学系 21 に入射する。ここで、第 1 リレー光学系 21 は、2 枚の正レンズからなる正の屈折力の前群 (21A、21B) と、2 枚の正レンズからなる正の屈折力の後群 (21C、21D) とを有しており、第 1 リレー光学系 21 の前群 (21A、21B) は、この前群のレチクル R 側 (後側) の焦点位置に集光点 (光源像) I を形成し、第 1 リレー光学系 21 の後群 (21C、21D) は、その前群 (21A、21B) の焦点位置に光源側 (前側) の焦点位置が一致するように配置されている。そして、この第 1 リレー光学系 21 は、露光光源 303 の射出面と後述する第 1 多光源像形成手段としてのオプティカルインテグレータ 30 の入射面とを共役にする機能を有している。この第 1 リレー光学系 21 の機能によって、露光光源 303 からの光の角度ずれに伴うオプティカルインテグレータ 30 を照明する光束のずれを補正し、露光光源 303 からの光の角度ずれに対する許容度を大きくしている。なお、露光光源 303 からの光を第 1 多光源形成手段へと導く導光光学系は、ビーム整形光学系 20 と第 1 リレー光学系 21 とで構成される。

第 1 リレー光学系 21 を介した光束は、直線状に 3 列配列された複数の光源像を形成する第 1 多光源形成手段としてのオプティカルインテグレータ 30 に入射する。このオプティカルインテグレータ 30 は、ほぼ正形状のレンズ断面を有する複数の両凸形状のレンズ素子が複数配置されて構成されており、オプティカルインテグレータ 30 全体としては

長方形形状の断面を有している。そして、各々の両凸形状のレンズ素子は、Y方向とX方向とで互いに等しい曲率（屈折力）を有している。

このため、オプティカルインテグレータ 30 を構成する個々のレンズ素子を通過する平行光束は、それぞれ集光されて各レンズ素子の射出側には光源像が形成される。従って、オプティカルインテグレータ 30 の射出側位置 A1 にはレンズ素子の数に相当する複数の光源像が形成され、ここには実質的に 2 次光源が形成される。

オプティカルインテグレータ 30 によって形成された複数の 2 次光源からの光束は、第 2 リレー光学系 40 によって集光されて、さらに複数の光源像を形成する第 2 多光源像形成手段としてのオプティカルインテグレータ 50 に入射する。

このオプティカルインテグレータ 50 は、長方形のレンズ断面を有する複数の両凸形状のレンズ素子が複数配置されて構成されており、このレンズ素子は断面形状がオプティカルインテグレータ 30 の断面形状と相似になるように構成されている。そして、オプティカルインテグレータ 50 全体としては正方形形状の断面を有している。また、各々のレンズ素子は、図 10 A の紙面方向と図 10 B の紙面方向とで互いに等しい曲率（屈折力）を有している。

このため、オプティカルインテグレータ 50 を構成する個々のレンズ素子を通過するオプティカルインテグレータ 30 からの光束は、それぞれ集光されて各レンズ素子の射出側には光源像が形成される。従って、オプティカルインテグレータ 50 の射出側位置 A2 には、正方形形状に配列された複数の光源像が形成され、ここには実質的に 3 次光源が形成される。

なお、第 2 リレー光学系 40 は、オプティカルインテグレータ 30 の入射面位置 B1 とオプティカルインテグレータ 50 の入射面位置 B2 と

を共役にすると共に、オプティカルインテグレータ 30 の射出面位置 A1 とオプティカルインテグレータ 50 の射出面位置 A2 とを共役にしている。さらに、上記の説明においてオプティカルインテグレータ 30 及び  
5 オプティカルインテグレータ 50 は、フライアイレンズの形状で示したが本発明の投影露光装置の照明系に使用されるオプティカルインテグレータの形状は特に限定されるものではなく、例えば極めて微小な複数のレンズ素子から構成されるマイクロフライアイや、ロッド状内面反射型の光学素子（カレイドスコープロッド）や、回折光学素子（DOE）等を用いることが可能である。

10 この 3 次光源が形成される位置 A2 若しくはその近傍位置には、所定形状の開口部を有する開口絞り AS が設けられており、この開口絞り AS により円形状に形成された 3 次光源からの光束は、集光光学系としてのコンデンサー光学系 60 により集光されて被照射物体としてのレチクル R 上をスリット状に均一照明する。

15 また、図 11 における投影光学系 304 は、投影光学系全体の符号付複屈折特性値が  $-0.5 \sim +0.5 \text{ nm/cm}$  となる配置条件を満たすように各光学部材が互いに組み合わされている。また、各光学部材が、投影光学系全体の実効光路に基づく符号付複屈折値のストレール

(Strehl) 値が 0.93 以上となる配置条件をさらに満たすように互いに組み合わされている。さらに、使用されている光学部材は、その有効断面の中心周辺の符号付複屈折値が、 $-0.2 \sim +0.2 \text{ nm/cm}$  であり、平均符号付複屈折値の半径方向の分布が、中心以外に極値を持たないものであり、平均符号付複屈折値の最大値と最小値の差  $\Delta B_i$  が  $2.0 \text{ nm/cm}$  以下であり、平均符号付複屈折値  $B_{ij}$  の半径方向における  
20 分布曲線の勾配の最大値  $F_i$  が、半径方向の幅 10 mm 当たり  $0.2 \text{ nm/cm}$  以下である。



以下、実施例及び比較例に基づいて本発明をより具体的に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

#### 実施例 1

図 4 に示す合成炉を用いて、以下の手順に従って石英ガラス部材の製造を行った。

5 先ず、多重管構造を有するバーナの中央部から四塩化ケイ素 ( $\text{SiCl}_4$ ) を流速  $30 \text{ g/分}$  で噴出させて、酸水素火炎 (酸素/水素比:  $0.5$ ) 中で加水分解させて石英ガラス微粒子を得、これをターゲット (回転速度:  $5 \text{ rpm}$ 、揺動速度:  $100 \text{ mm/min}$ ) 上に堆積させると同時に透明化して石英ガラスインゴット (直径:  $400 \text{ mm}$  以上) を得た。この工程におけるインゴットの回転軸に垂直な面内の温度分布を図 11 A に示す。

15 次に、得られた石英ガラスインゴットから、円筒形状の石英ガラス部材 (直径:  $400 \text{ mm}$ 、厚さ:  $100 \text{ mm}$ ) を、石英ガラスインゴットの回転中心と石英ガラス部材の幾何学的中心とが一致するように切り出し、これを  $1000$  時間まで昇温した後同温で  $10$  時間保持し、降温速度  $10^\circ\text{C/時間}$  で  $500^\circ\text{C}$  まで冷却し、さらに放冷した (アニール処理)。

得られた石英ガラス部材について、位相変調法により符号付複屈折値の測定を行った。その結果を図 12 A に示す。

#### 実施例 2

25 四塩化ケイ素の流速を  $100 \text{ g/分}$  としたこと、及びアニール処理の条件を表 1 に示す条件 1 としたこと以外は実施例 1 と同様にして石英ガラス部材を得、その符号付複屈折値を測定した。石英ガラスインゴット作製時の温度分布を図 11 B に、符号付複屈折値の測定結果を図 12 B にそれぞれ示す。

#### 実施例 3

四塩化ケイ素の流速を 50 g/分としたこと以外は実施例 2 と同様にして石英ガラス部材を得、その符号付複屈折値を測定した。石英ガラスインゴット作製時の温度分布を図 11C に、符号付複屈折値の測定結果を図 12C にそれぞれ示す。

5      比較例 1

四塩化ケイ素の流速を 10 g/分としたこと以外は実施例 2 と同様にして石英ガラス部材を得、その符号付複屈折値を測定した。石英ガラスインゴット作製時の温度分布を図 11D に、符号付複屈折値の測定結果を図 12D にそれぞれ示す。

10     実施例 4

酸素／水素比を 0.25 としたこと、及びアニール処理の条件を表 1 に示す条件 1 としたことで、実施例 1 と同様にして石英ガラス部材を得、その符号付複屈折値を測定した。石英ガラスインゴット作製時の温度分布を図 13A に、符号付複屈折値の測定結果を図 14A にそれぞれ示す。

15

実施例 5

酸素／水素比を 0.4 としたことで、実施例 4 と同様にして石英ガラス部材を得、その符号付複屈折値を測定した。石英ガラスインゴット作製時の温度分布を図 13B に、符号付複屈折値の測定結果を図 14B にそれぞれ示す。

20

比較例 2

酸素／水素比を 0.5 としたことで、実施例 4 と同様にして石英ガラス部材を得、その符号付複屈折値を測定した。石英ガラスインゴット作製時の温度分布を図 13C に、符号付複屈折値の測定結果を図 14C にそれぞれ示す。

25

比較例 3

実施例 1 における酸素／水素比を 0.45 としたこと以外は実施例 1 と同様にして石英ガラス部材を得、その符号付複屈折値を測定した。石英ガラスインゴット作製時の温度分布を図 13D に、符号付複屈折値の測定結果を図 14D にそれぞれ示す。

5        実施例 6

実施例 1 で得られた石英ガラス部材について比較例 4 と同様にして高温熱処理を行い、符号付複屈折値の測定を行った。その結果を図 16C に示す。

次に、この石英ガラス部材について表 1 に示す条件 1 でアニール処理  
10        を行い、さらに、図 6 に示す熱処理装置を用いて表 1 に示す条件 2 で熱処理及び冷却処理を行い、得られた石英ガラス部材について符号付複屈折値を測定した。冷却開始 5 時間後の石英ガラス部材の温度分布を図 15A に、冷却処理後の石英ガラス部材の符号付複屈折値の分布を図 16A にそれぞれ示す。

15        実施例 7

実施例 6 におけるアニール処理後の石英ガラス部材について、図 6 に示す装置においてセラミック板を用いる代わりに石英ガラス部材の上下両面からドライエアー（温度：25℃、露点：-70℃）を 20L/分で吹き付けて冷却を行ったこと以外は実施例 6 と同様にして、表 1 に示  
20        す条件 2 で熱処理及び冷却処理を行い、得られた石英ガラス部材の符号付複屈折値の分布を測定した。冷却開始 5 時間後における石英ガラス部材の温度分布を図 15B に、冷却処理後の石英ガラス部材の符号付複屈折値の分布を図 16B にそれぞれ示す。

表 1

	昇温時間 [時間]	保持温度 [°C]	保持時間 [時間]	降温速度 [°C/時間]	放冷温度 [°C]	雰囲気温度と セラミック温度との差 [°C]
条件 1	4	1100	20	25	100	—
条件 2	4	1100	20	25	100	100

比較例 4

実施例 1 で得られた石英ガラス部材を 2 1 0 0 °C まで昇温して同温で 2 時間保持し、降温速度 1 0 °C / 時間で 5 0 0 °C まで冷却し、その後放冷した。このようにして高温熱処理した石英ガラス部材についてその符号付複屈折値を測定した。結果を図 1 6 D に示す。

比較例 5

実施例 1 で得られた石英ガラス部材の代わりに比較例 3 で得られた石英ガラス部材を用いたこと以外は比較例 4 と同様にして高温熱処理を行い、得られた石英ガラス部材の符号付複屈折値を測定した。結果を図 1 6 E に示す。

このように、実施例 1 ~ 7 の石英ガラス部材はいずれも、中心から径方向に単調増加する符号付複屈折値の分布を有するものであることが確認された。これに対して比較例 1 ~ 5 の石英ガラス部材はいずれも、中心から径方向に単調減少する符号付複屈折値の分布を有するものであった。

(投影光学系 1 及び投影露光装置 1 の作製)

実施例 1 の石英ガラス部材と比較例 4 の石英ガラス部材とを用い、上記式 (1) ~ (6) を用いて得られる符号付複屈折特性値に基づいて図 8 に示す投影光学系を作製し、得られた投影光学系について上記式 (7) ~ (9) に基づき光学系全体の複屈折を評価した。一般に、ストレール値が 0.95 以上の投影光学系であれば所望の性能が得られるが、上記の手順で得られた投影光学系においてはストレール値 0.99 を達成することができ、従来の光学部材を用いた場合には得られなかった十分に高い結像性能を有することが確認された。

次に、上記の投影光学系を用いて図 9 に示す投影露光装置を作製し、その解像度を評価したところ、本実施の投影露光装置においては解像度

約  $0.15 \mu\text{m}$  が達成されることが確認された。

(投影光学系 2 及び投影露光装置 2 の作製)

実施例 6 における高温熱処理後の石英ガラス部材と実施例 6 における冷却処理後の石英ガラス部材とを用い、上記式 (1) ~ (6) を用いて得られる符号付複屈折特性値に基づいて図 8 に示す投影光学系を作製し、得られた投影光学系について上記式 (7) ~ (9) に基づき光学系全体の複屈折を評価した。このようにして得られた投影光学系においてもストレール値  $0.99$  を達成することができ、従来の光学部材を用いた場合には得られなかった十分に高い結像性能を有することが確認された。

次に、上記の投影光学系を用いて図 9 に示す投影露光装置を作製し、その解像度を評価したところ、解像度約  $0.15 \mu\text{m}$  が達成されることが確認された。

(投影光学系 3 の作製)

図 17 に示す符号付複屈折値の分布を有する従来の石英ガラス部材のみを用い、上記式 (1) ~ (6) を用いて得られる符号付複屈折特性値に基づいて図 8 と同様の投影光学系を作製し、得られた投影光学系について上記式 (7) ~ (9) に基づき光学系全体の複屈折を評価した。このようにして得られた投影光学系のストレール値は  $0.70$  であり、所望の光学性能が得られないことが確認された。

#### 産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明の製造方法によれば、符号付複屈折値が中心から周縁部に向けて単調増加する石英ガラス部材を効率よく且つ確実に得ることが可能となる。そして、本発明の製造方法により得られる本発明の石英ガラス部材と、符号付複屈折値が中心から周縁部に向けて単調減少する従来の石英ガラス部材と、を用いることによって、光学系

全体の高い透過率や高い屈折率の均質化が達成される。従って、本発明の製造方法及びそれによって得られる本発明の石英ガラス部材によれば、投影露光装置の結像光学系において十分に高い解像度を効率よく且つ確実に得ることが可能となる。

## 請求の範囲

1. 多重管構造を有するバーナを用いてケイ素化合物を酸水素火炎中で反応させて石英ガラス微粒子を得る第一のステップと、

5 前記バーナと対向するように配置されており回転している支持体上に、石英ガラスインゴットの回転軸に垂直な少なくとも一つの面内において前記回転軸に関して対称であり且つ面の中心と周縁部との間に極大値を有する温度分布をもって、前記石英ガラス微粒子を堆積させて石英ガラスインゴットを得る第二のステップと、

10 前記石英ガラスインゴットの回転軸に垂直な面内の複数の箇所において測定される複屈折値及びその進相軸の向きに基づいて符号付複屈折値の分布を求め、符号付複屈折値が面の中心から周縁部にむけて単調増加する石英ガラス部材を前記石英ガラスインゴットから切り出す第三のステップと、

15 を含む石英ガラス部材の製造方法。

2. 前記第二のステップにおいて、面の中心における温度と極大値との差が0℃を超え200℃以下である請求項1に記載の製造方法。

3. 石英ガラスインゴットを所定の温度まで昇温する第四のステップと、

20 前記石英ガラスインゴットの回転軸に垂直な少なくとも一つの面内において前記回転軸に関して対称であり且つ面の中心と周縁部との間に極大値を有する温度分布をもって、前記石英ガラスインゴットを冷却する第五のステップと、

25 前記石英ガラスインゴットの回転軸に垂直な面内の複数の箇所において測定される複屈折値及びその進相軸の向きに基づいて符号付複屈折値の分布を求め、符号付複屈折値が面の中心から周縁部にむけて単調増加



する石英ガラス部材を前記石英ガラスインゴットから切り出す第六のステップと、

を含む石英ガラス部材の製造方法。

4. 前記第五のステップにおいて、面の中心における温度と極大値との差が20℃以上300℃以下である、請求項3に記載の製造方法。

5. 多重管構造を有するバーナを用いてケイ素化合物を酸水素火炎中で反応させて石英ガラス微粒子を得る第一のステップと、

前記バーナと対向するように配置されており回転している支持体上に、石英ガラスインゴットの回転軸に垂直な少なくとも一つの面内において前記回転軸に関して対称であり且つ面の中心と周縁部との間に極大値を有する温度分布をもって、前記石英ガラス微粒子を堆積させて石英ガラスインゴットを得る第二のステップと、

前記石英ガラスインゴットの回転軸に垂直な面内の複数の箇所において測定される複屈折値及びその進相軸の向きに基づいて符号付複屈折値の分布を求め、符号付複屈折値が面の中心から周縁部にむけて単調増加する石英ガラス部材を前記石英ガラスインゴットから切り出す第三のステップと、

を含む製造方法によって得られる、面の中心から周縁部に向けて単調増加する符号付複屈折値の分布を有する石英ガラス部材。

6. 前記第二のステップにおいて、面の中心における温度と極大値との差が0℃を超え200℃以下である、請求項5に記載の石英ガラス部材。

7. 石英ガラスインゴットを所定の温度まで昇温する第四のステップと、

前記石英ガラスインゴットの回転軸に垂直な少なくとも一つの面内において面の中心に関して回転対称であり且つ面の中心と周縁部との間に

極大値を有する温度分布をもって、前記石英ガラスインゴットを冷却する第五のステップと、

5 前記石英ガラスインゴットの回転軸に垂直な面内の複数の箇所において測定される複屈折値及びその進相軸の向きに基づいて符号付複屈折値の分布を求め、符号付複屈折値が面の中心から周縁部にむけて単調増加する石英ガラス部材を前記石英ガラスインゴットから切り出す第六のステップと、

を含む製造方法によって得られる、面の中心から周縁部に向けて単調増加する符号付複屈折値の分布を有する石英ガラス部材。

10 8. 前記第五のステップにおいて、面の中心における温度と極大値との差が20℃以上300℃以下である、請求項7に記載の石英ガラス部材。

図1A

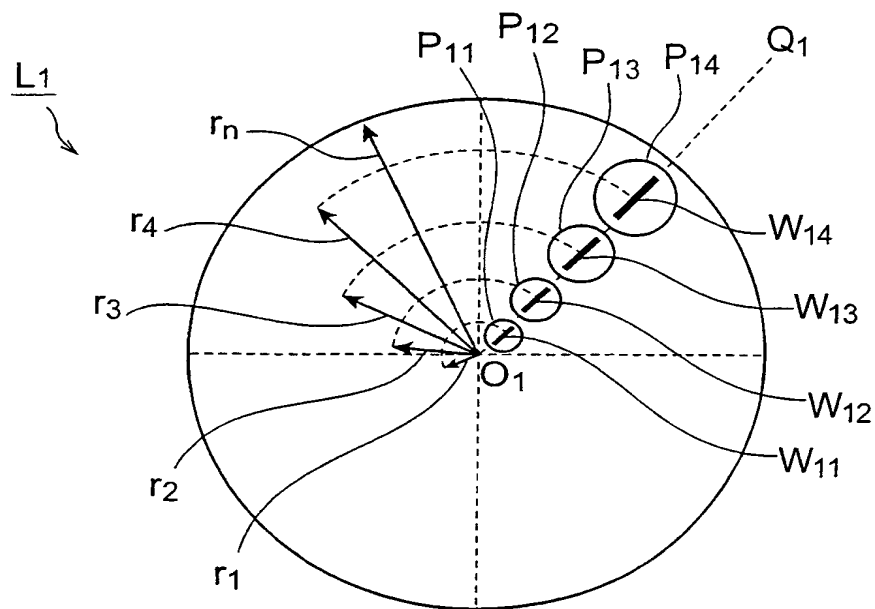


図1B

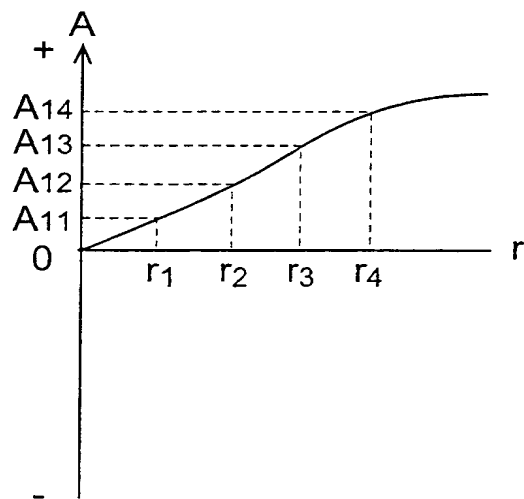




図2A

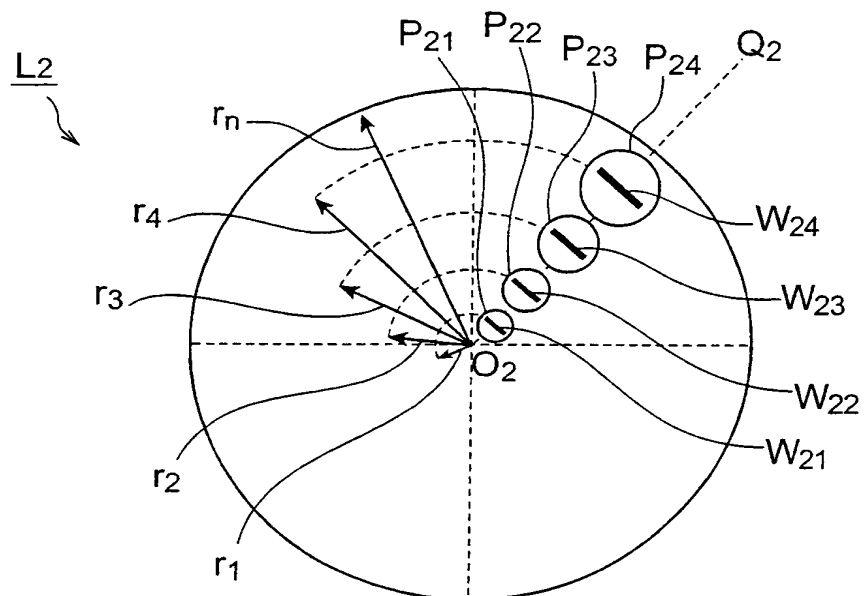


図2B

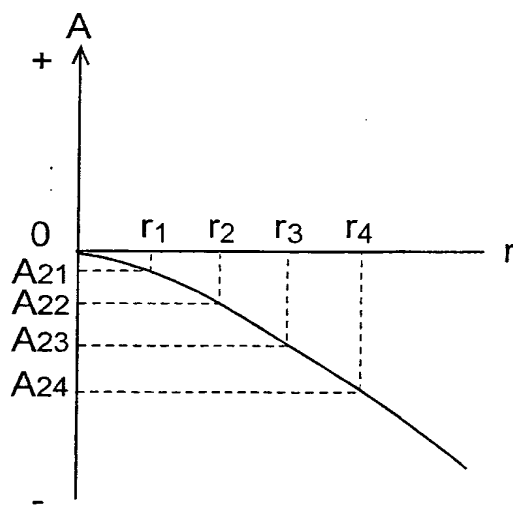




図3A

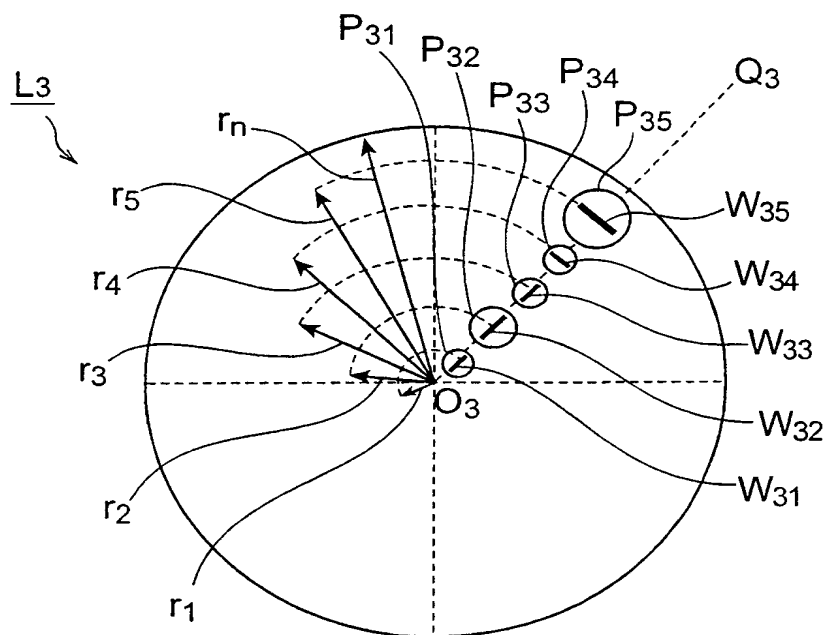


図3B

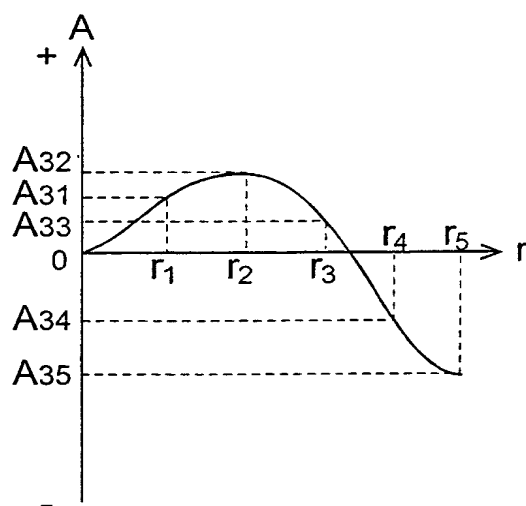






図4

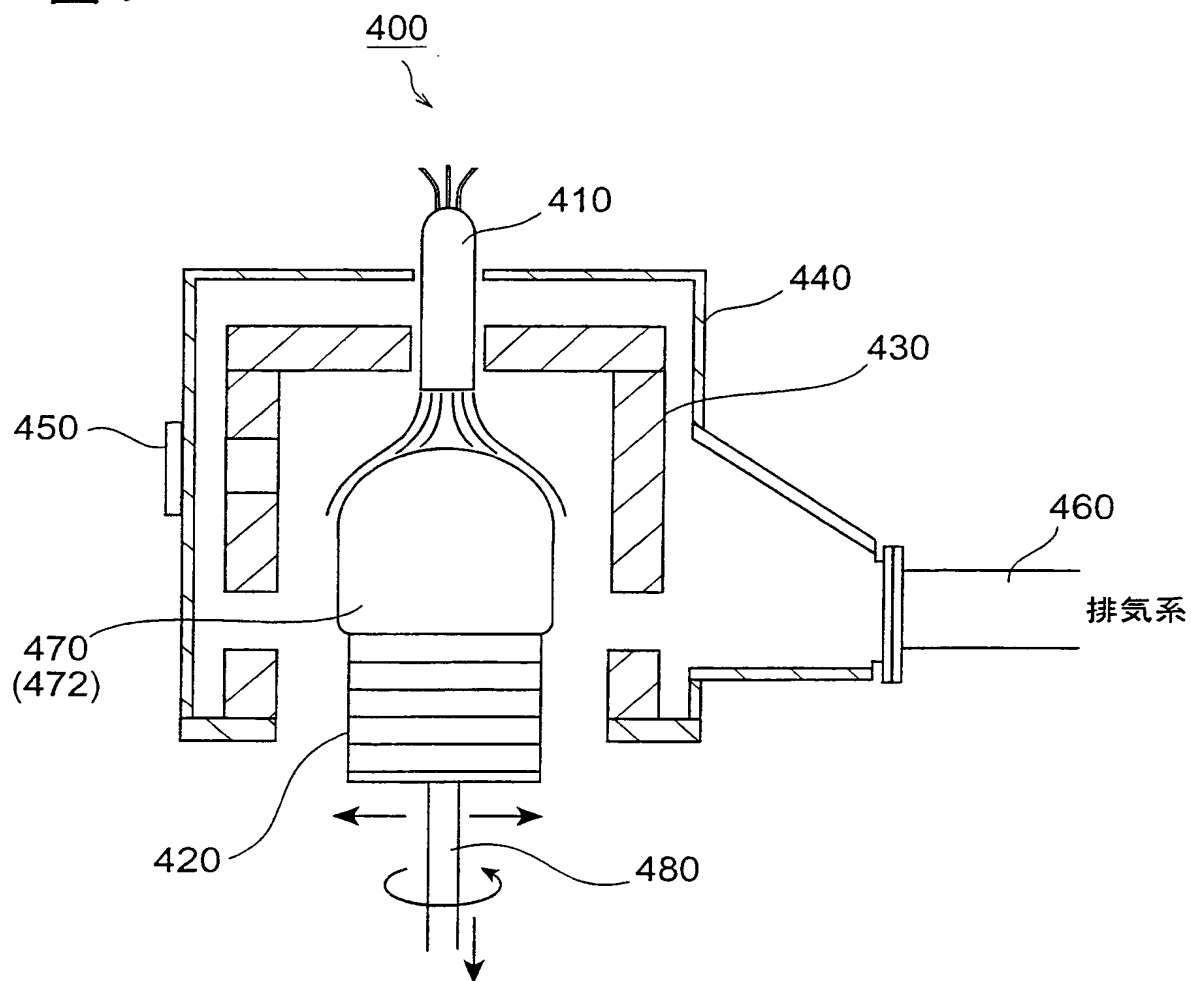




図5

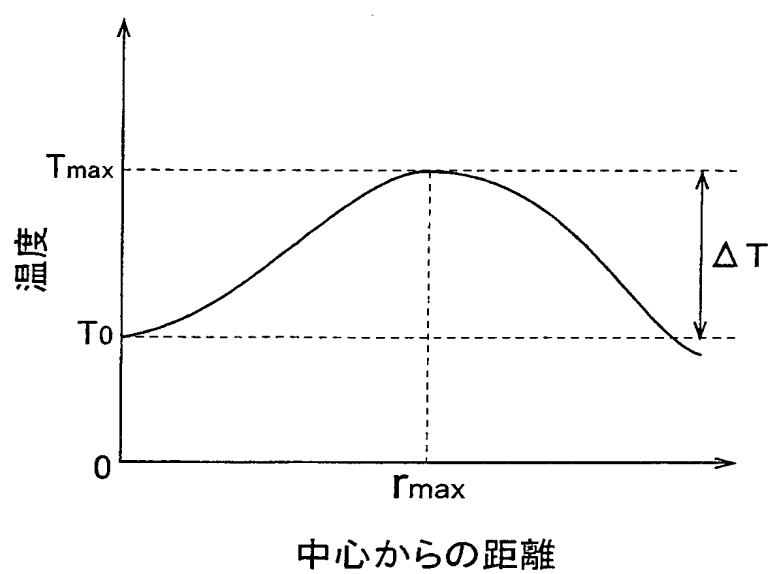




図6

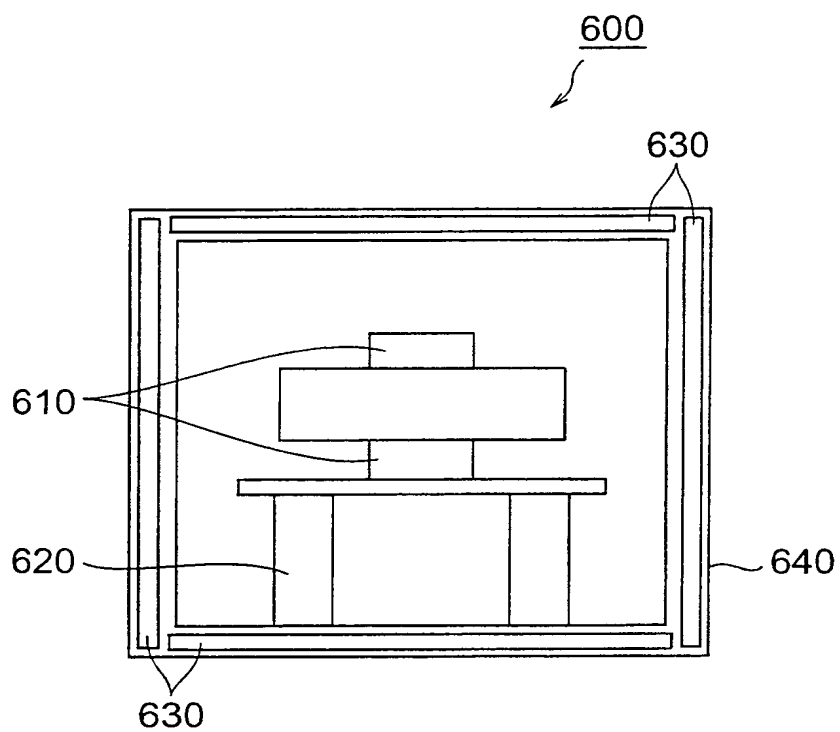




図7A

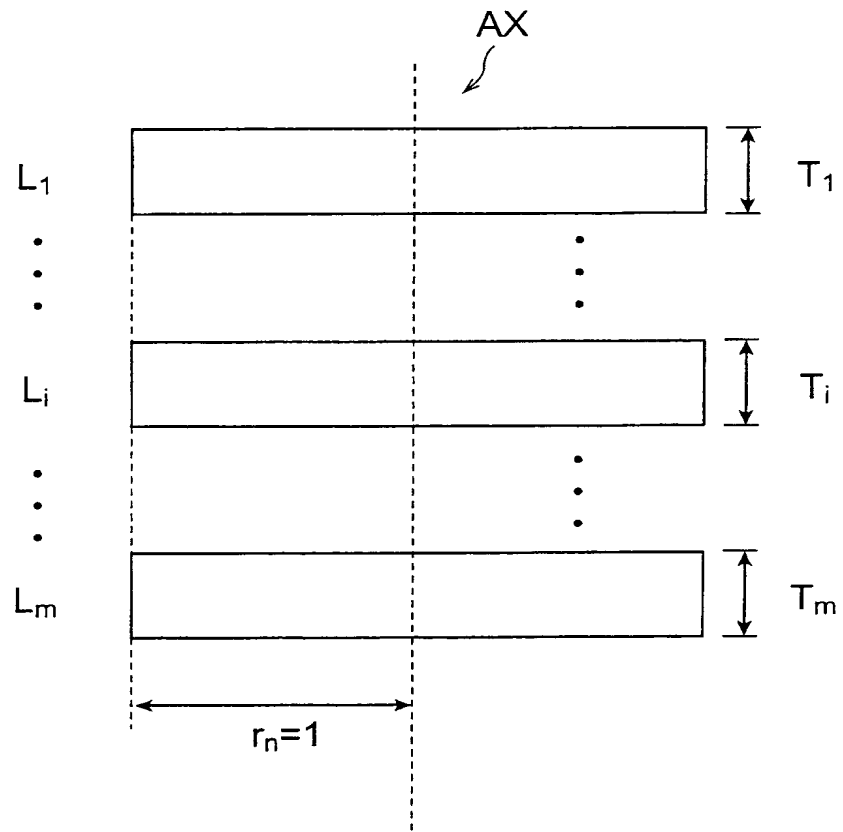


図7B

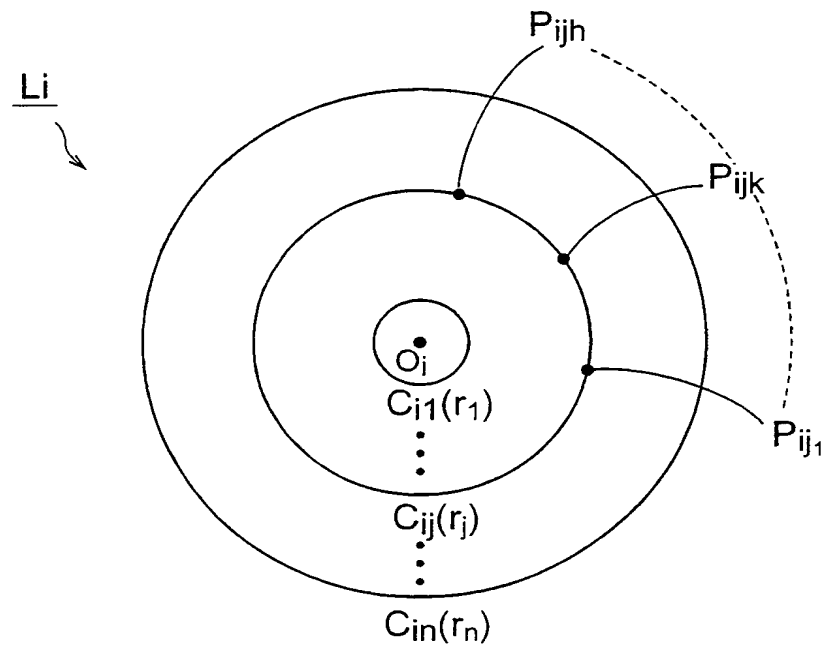






図8

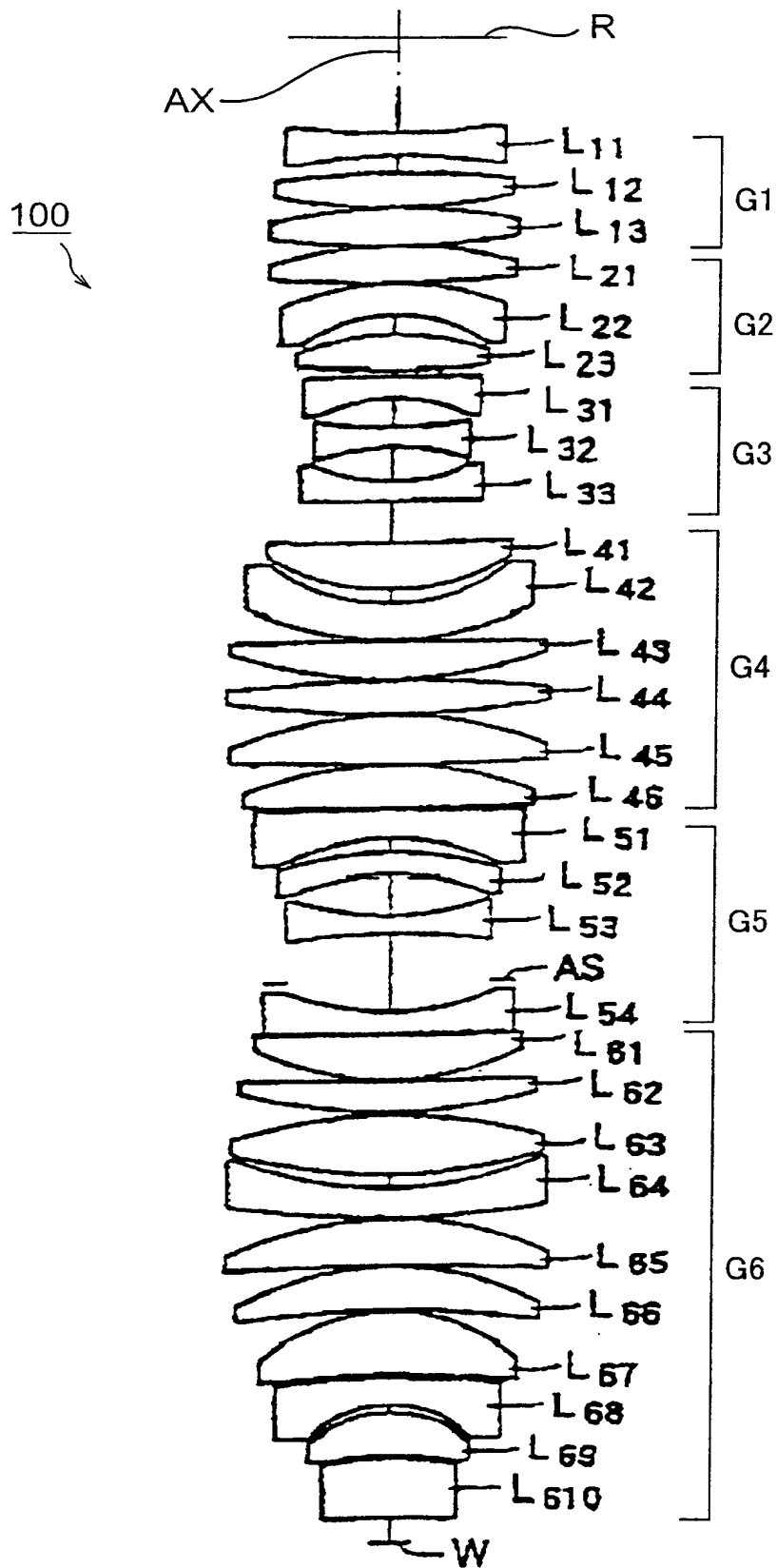




図9

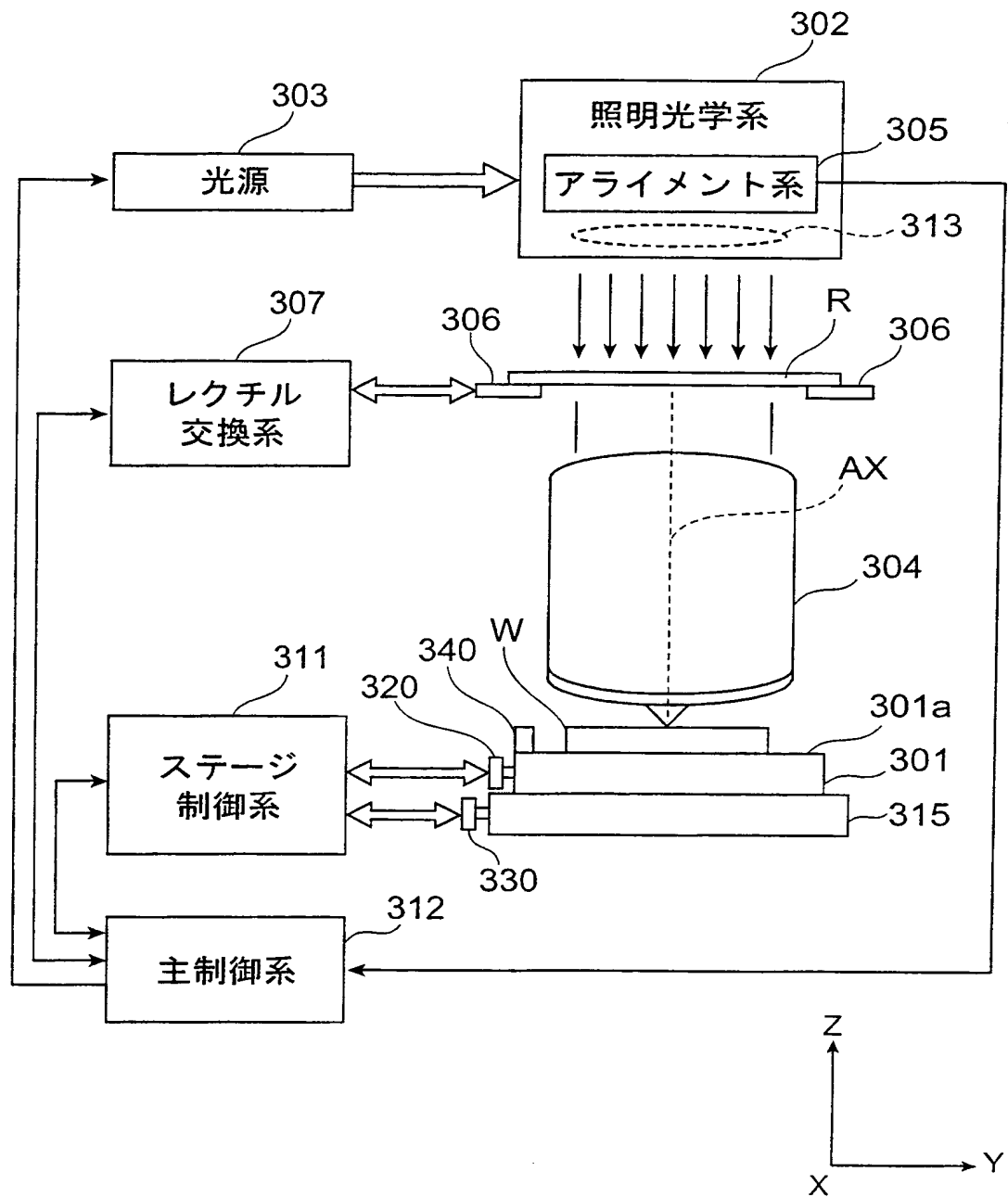




FIG. 10A

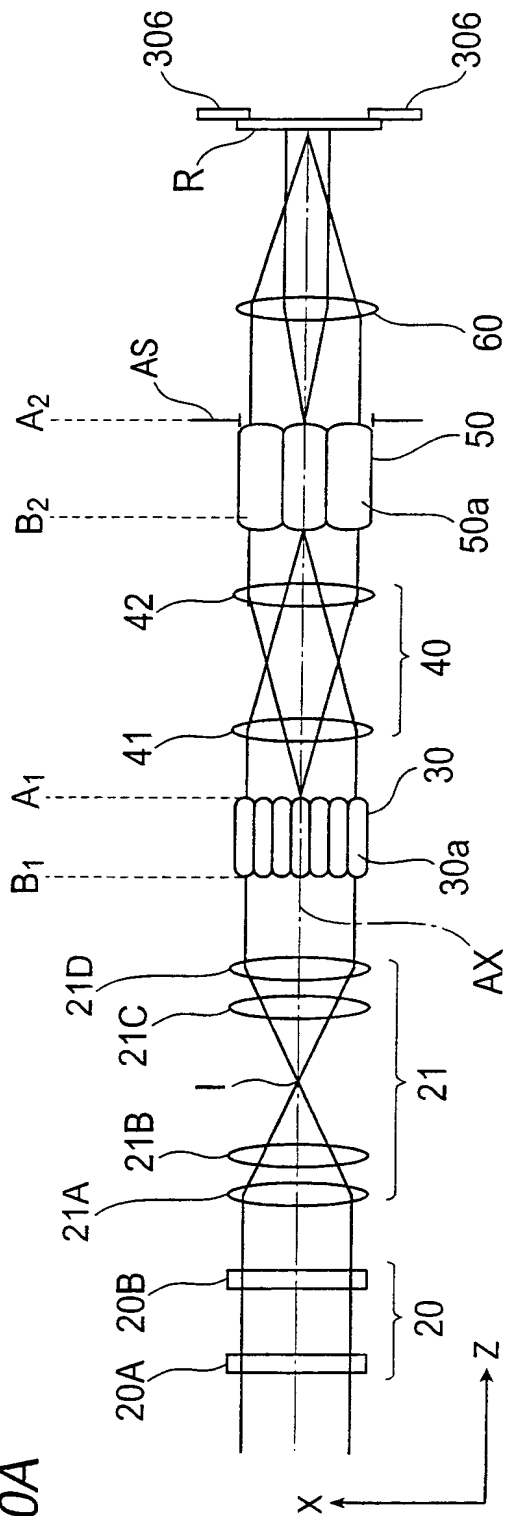


FIG. 10B

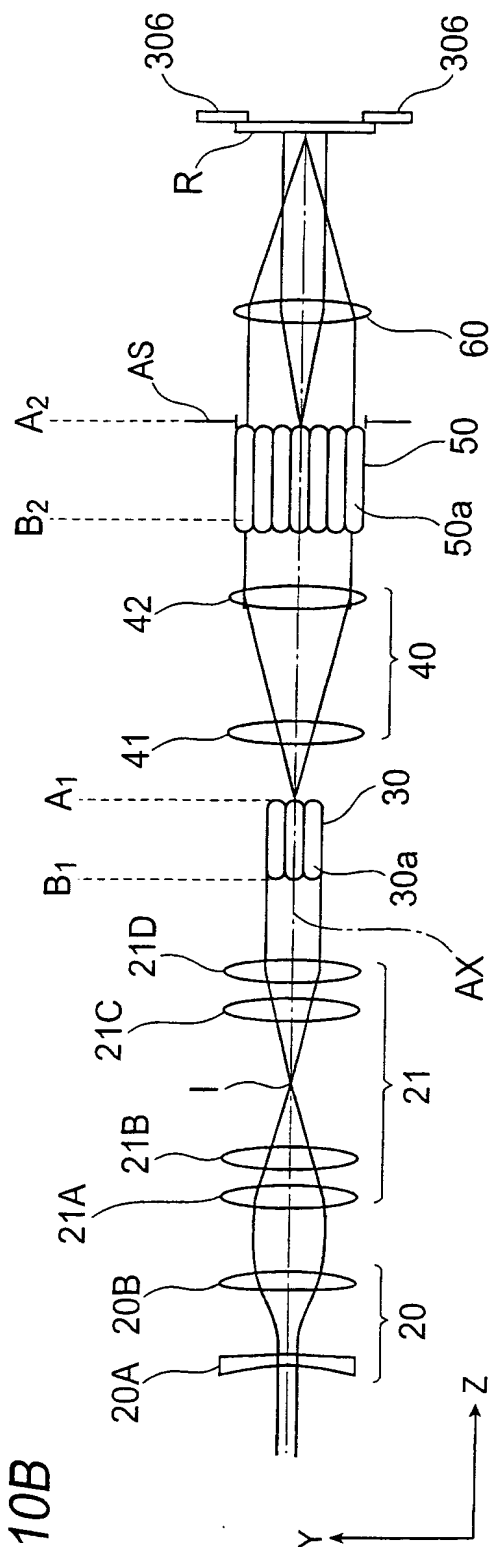




図11A

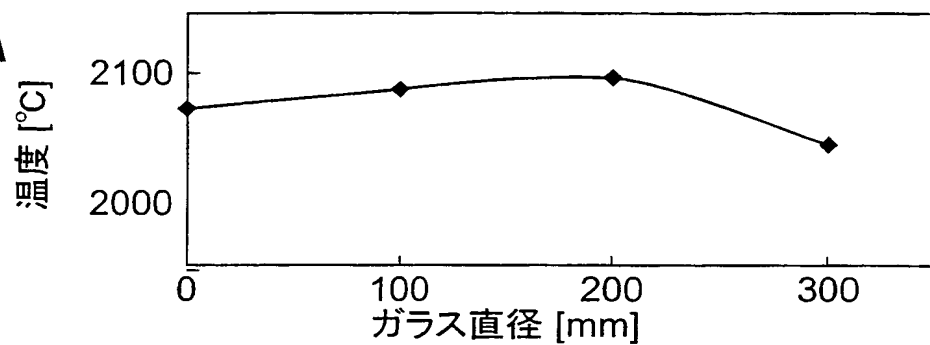


図11B

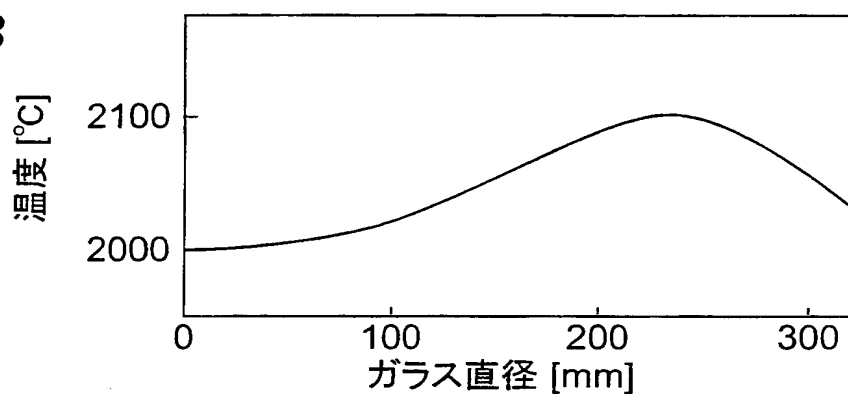


図11C

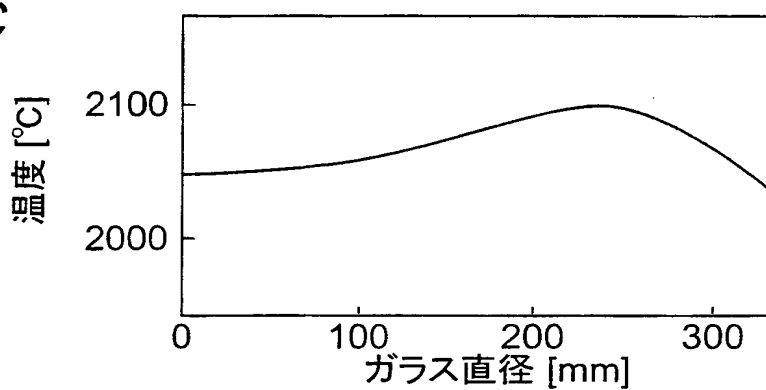


図11D

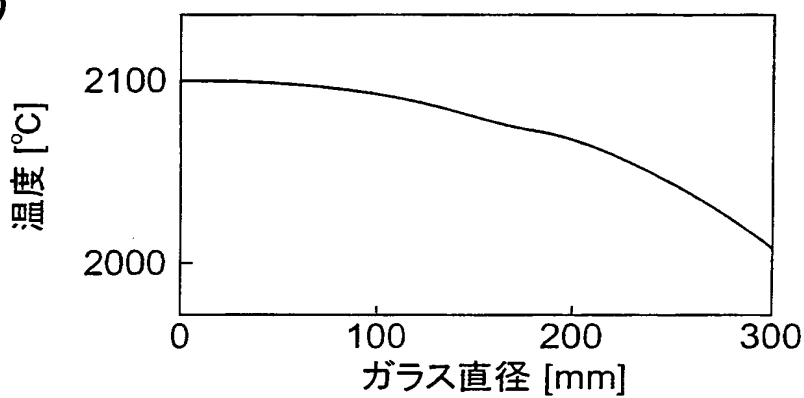






図12A

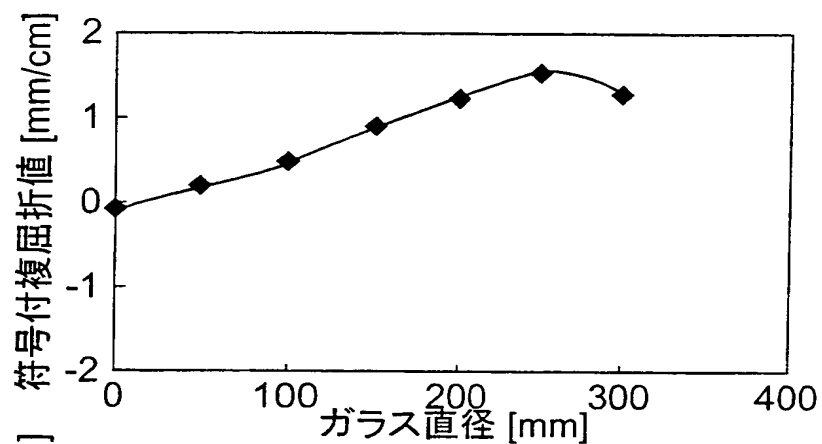


図12B

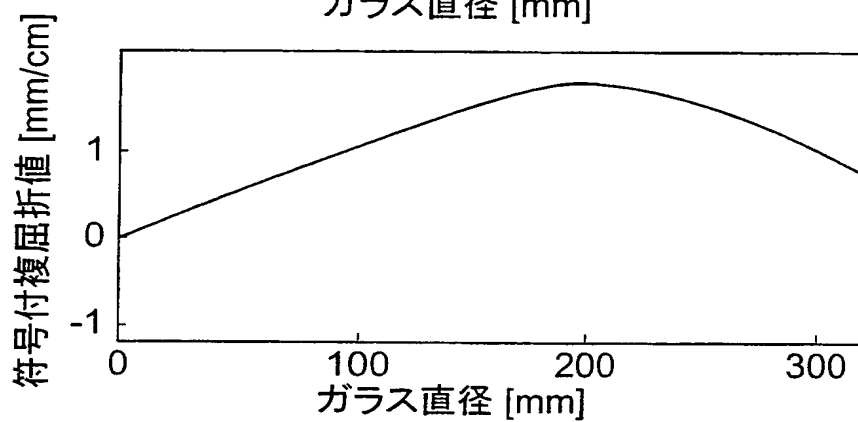


図12C

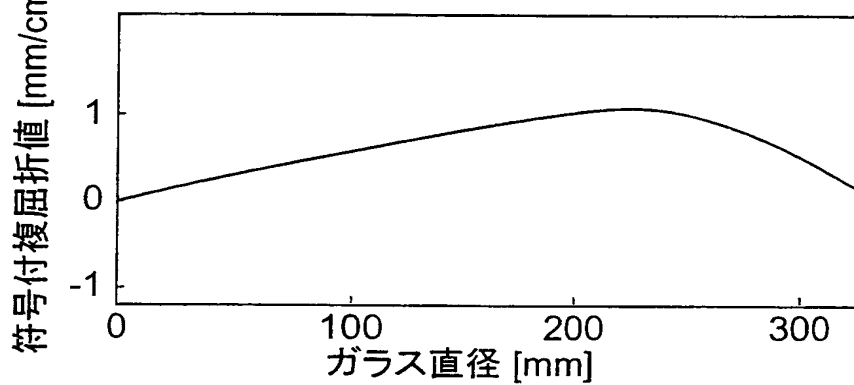


図12D

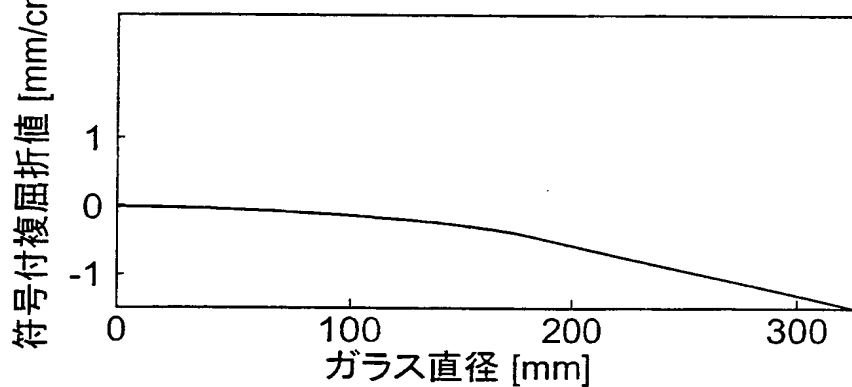




図13A

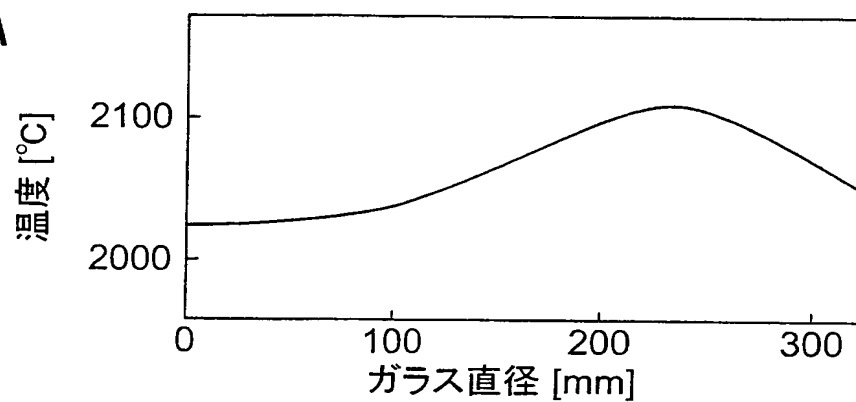


図13B

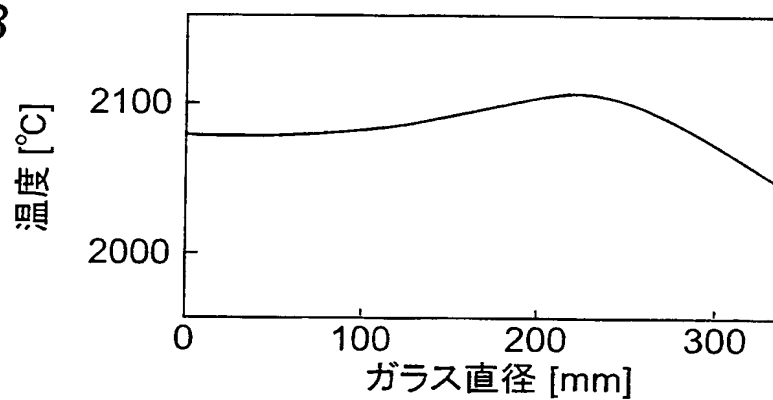


図13C

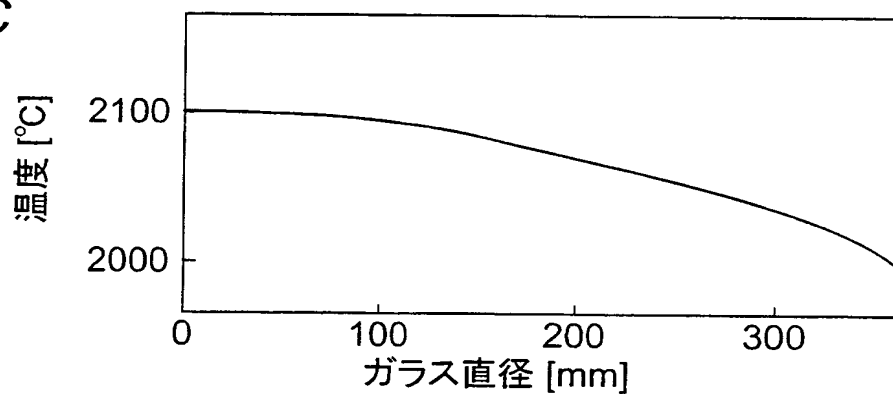


図13D

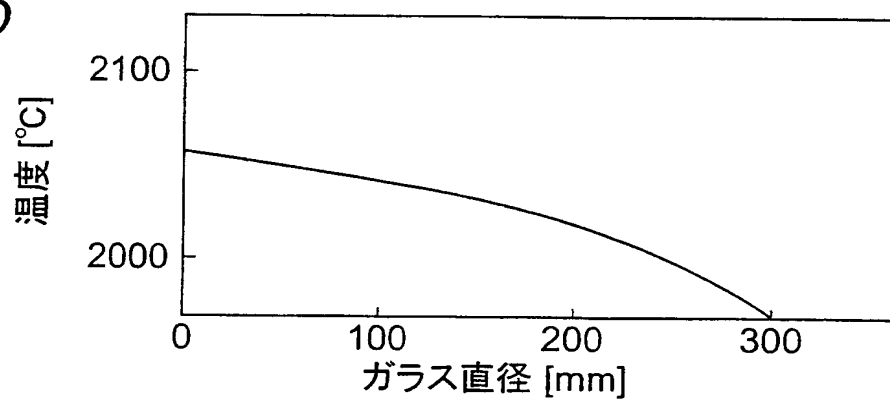




図14A

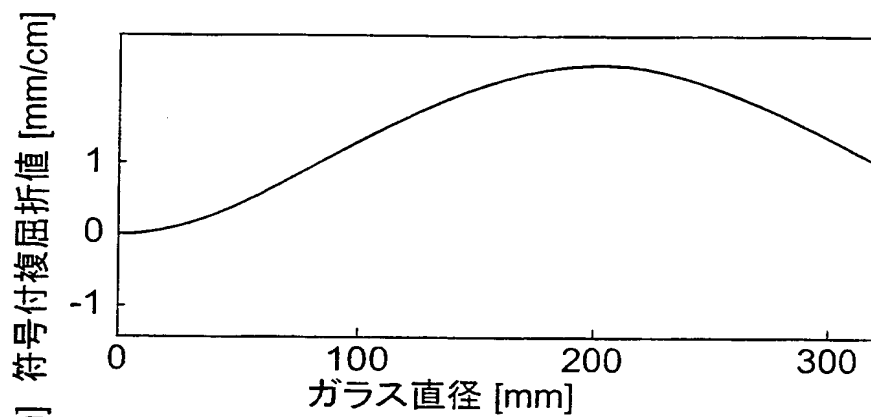


図14B

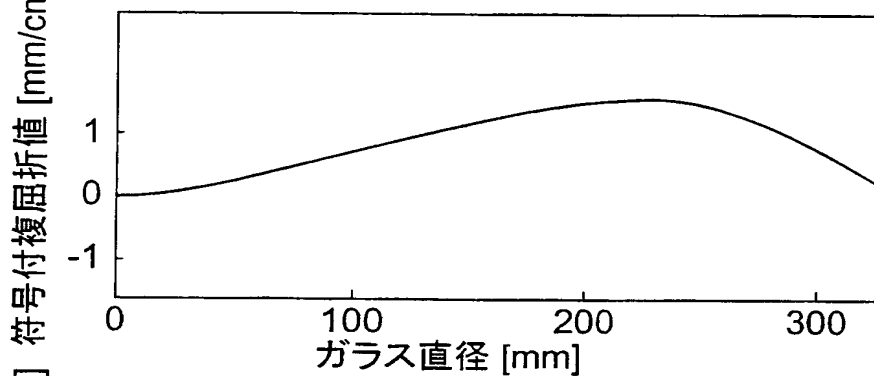


図14C

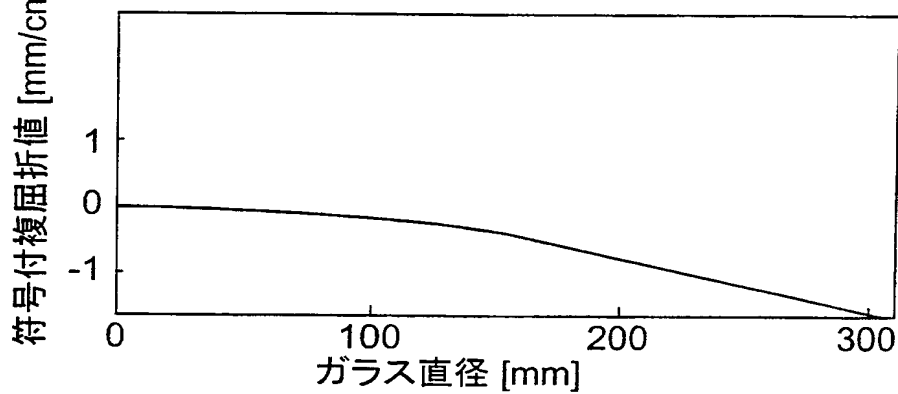


図14D

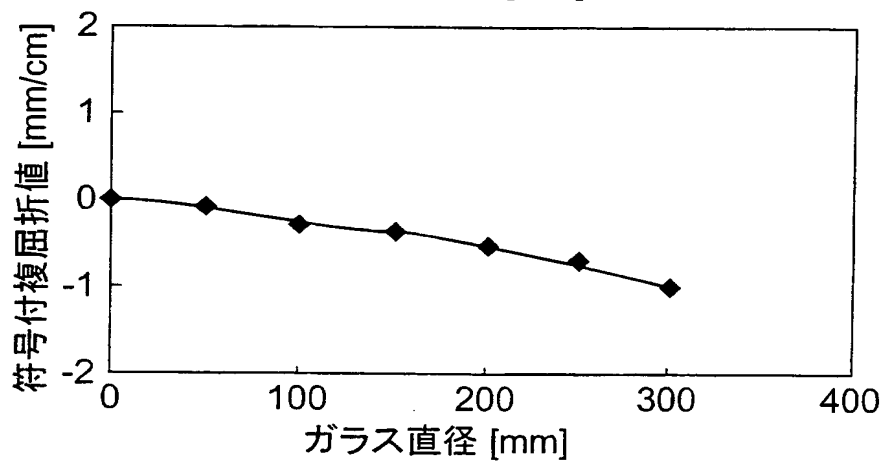




図15A

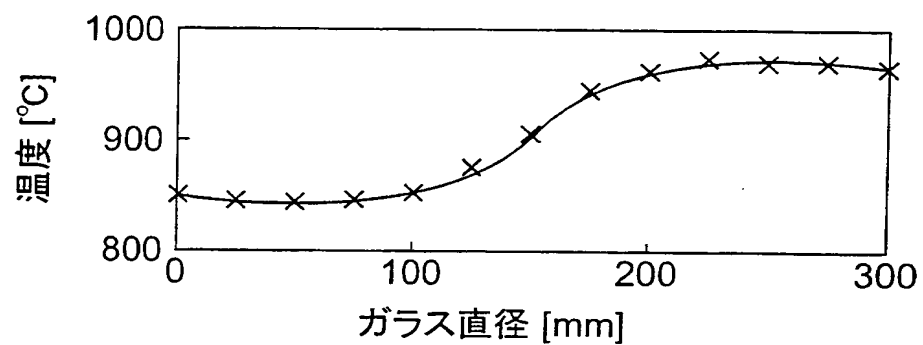


図15B

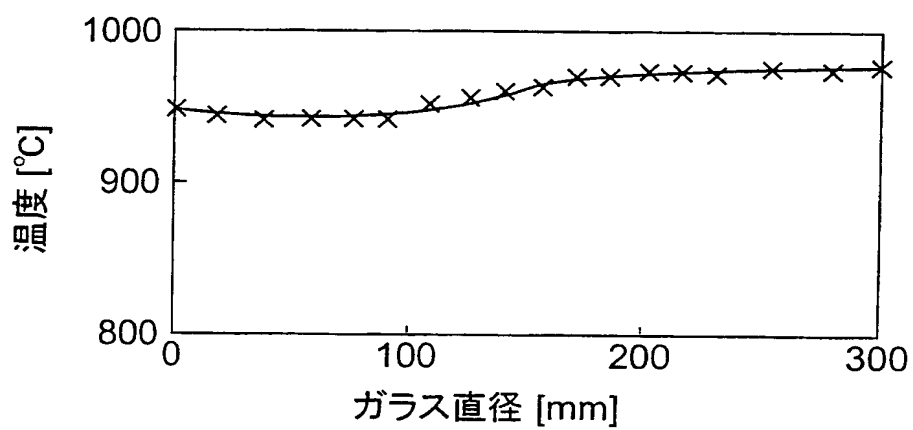






図16A

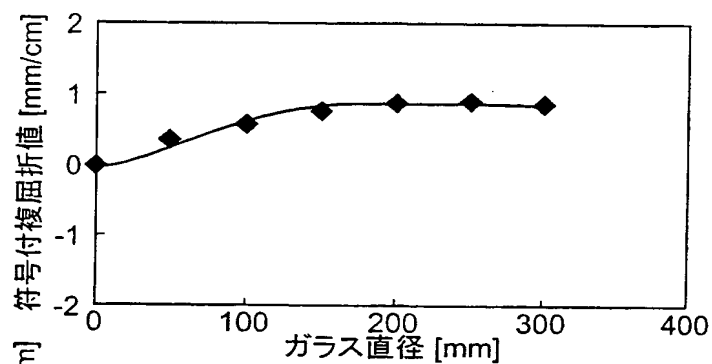


図16B

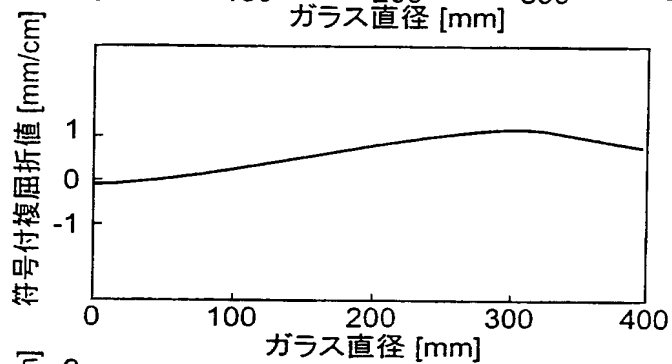


図16C

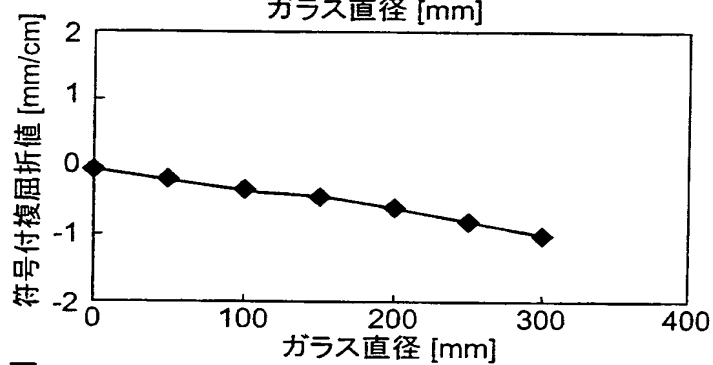


図16D

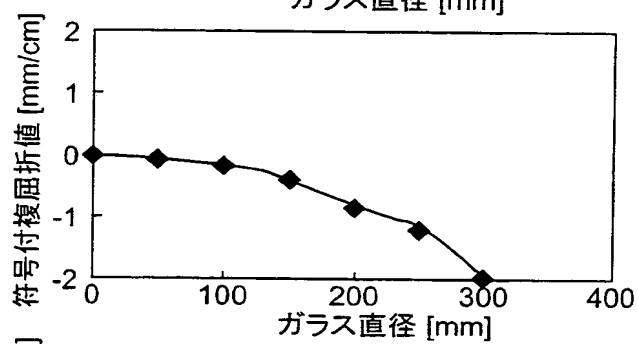


図16E

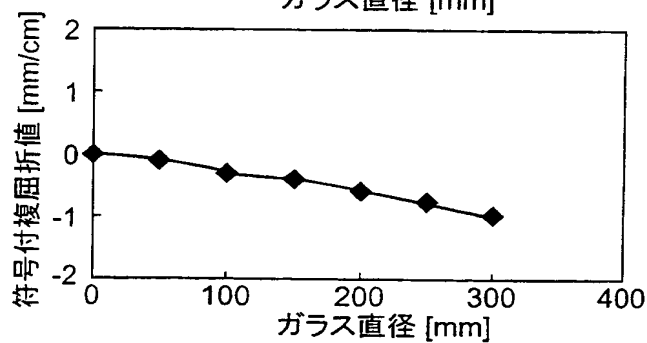




図 17

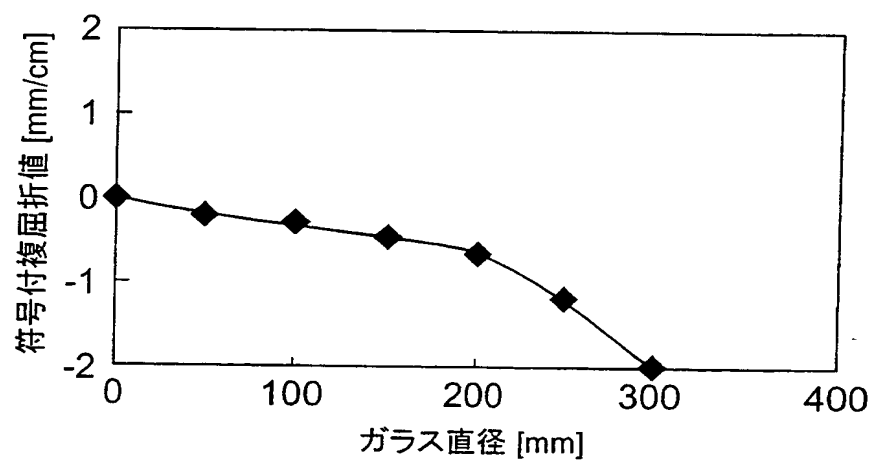
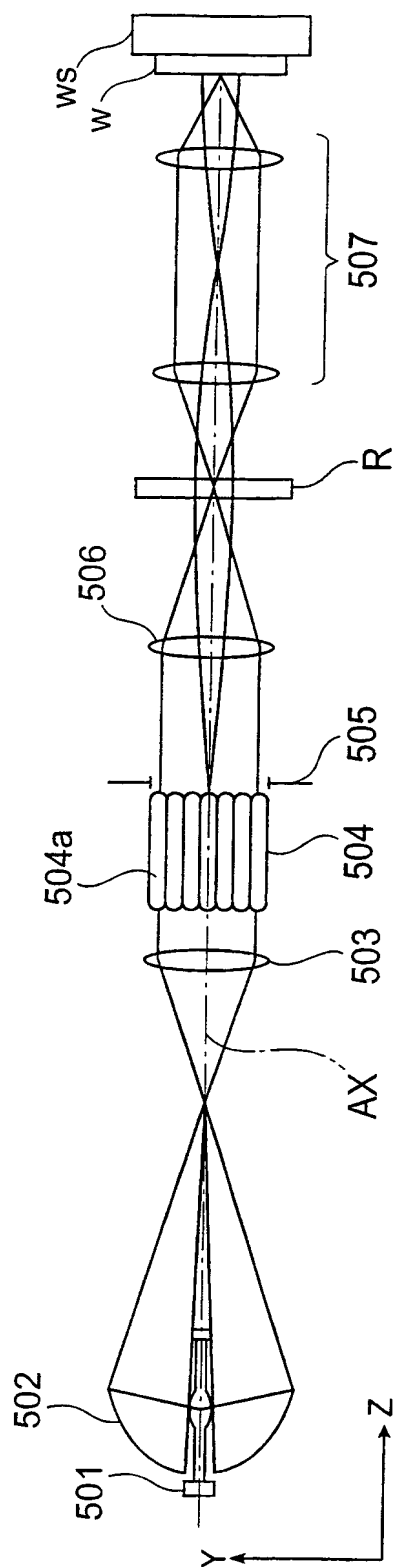


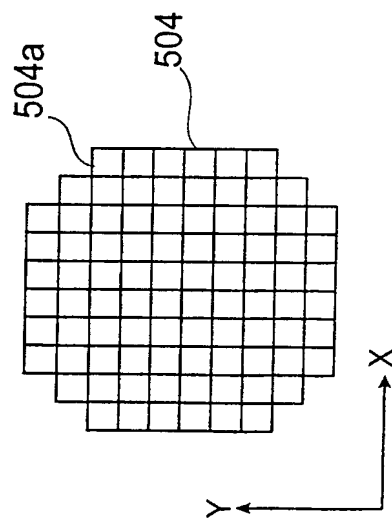


図18A



18/18

図18B





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/04466

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> C03B20/00, C03B8/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> C03B8/04, C03B20/00, C03C3/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
JOIS (JICST)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 8-107060, A (Nikon Corporation), 23 April, 1996 (23.04.96), Claims; Par. Nos. [0027] to [0030] (Family: none)	1-8
A	JP, 8-268726, A (Nikon Corporation), 15 October, 1996 (15.10.96), Claims; Par. Nos. [0018] to [0020]; Fig. 2 (Family: none)	1-8
A	EP, 401845, A2 (HERAEUS QUARZGLAS GMBH), 12 December, 1990 (12.12.90), Claims; Figs. 9, 10 & JP, 03-109233, A, Claims; Figs. 1(A), 1(B)	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:  
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
"E" earlier document but published on or after the international filing date  
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
14 September, 2000 (14.09.00)

Date of mailing of the international search report  
26 September, 2000 (26.09.00)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



,

.

.

.



## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 C03B20/00, C03B8/04

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 C03B8/04, C03B20/00, C03C3/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2000年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2000年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JOIS(JICST)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, 8-107060, A, (株式会社ニコン), 23. 4月. 1996 (23. 04. 96), 特許請求の範囲, 第【0027】～【0030】段落 (ファミリーなし)	1-8
A	JP, 8-268726, A, (株式会社ニコン), 15. 10月. 1996 (15. 10. 96), 特許請求の範囲, 第【0018】～【0020】段落, 図2 (ファミリーなし)	1-8
A	EP, 401845, A2, (HERAEUS QUARZGLAS GMBH), 12. 12月. 1990 (12. 12. 90), Claims, Fig9, Fig10 & JP, 03-109233, A, 特許請求の範囲, 第1図 (A), 第1図 (B)	1-8

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14. 09. 00

国際調査報告の発送日

26. 09. 00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

深草 祐一

4 T

9 7 2 8

電話番号 03-3581-1101 内線 3463

